

Veränderungen peripherer und zentraler Parameter bei Personen mit und ohne Hörschädigung während einer akustischen Diskriminationsaufgabe

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae (Dr. med.)

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

von Constanze Agathe Rosa Gorf

geboren am 29.11.1989 in Saalfeld/Saale

Gutachter

1. Prof. Dr. med. O. W. Witte

Direktor der Klinik für Neurologie

Universitätsklinikum Jena

2. Prof. Dr. Frank Richter

Institut für Physiologie I

Universitätsklinikum Jena

3. Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Haueisen

Institut für Biomedizinische Technik und Informatik

Technische Universität Ilmenau

Tag der öffentlichen Verteidigung: 05.12.2017

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Zusammenfassung	1
1. Einleitung	2
1.1 Relevanz des Themas	2
1.2 Wissenschaftlicher Hintergrund.....	3
2. Grundlagen	5
2.1 Theoretische Grundlagen.....	5
2.1.1 Hören.....	5
2.1.2 Schwerhörigkeit und daraus resultierende Folgen	7
2.2 Methodische Grundlagen.....	9
2.2.1 Die Bestimmung der Hörschwelle mittels Reintonaudiometrie.....	10
2.2.2 Die Bestimmung der Frequenzunterschiedsschwelle	10
2.2.3 Messung peripher-physiologischer und endokriner Stressreaktionen	11
2.2.3.1 Die Herzfrequenz als sympathisch regulierter Stressmarker	13
2.2.3.2 Der HRV-Parameter Rmssd als parasympathisch regulierter Stressmarker	13
2.2.3.3 Die Atemfrequenz als Marker einer Belastungsreaktion	15
2.2.3.4 Die SpO2 als Marker einer Belastungsreaktion.....	16
2.2.3.5 Cortisol als endokriner Stressmarker	16
2.2.4 Messung zentraler Parameter zur Abbildung der kognitiven Belastung	18
2.2.5 Messung der Verhaltensparameter als Marker der Aufgabenschwere.....	20
3. Ziele der Arbeit	21
4. Methodik	22
4.1 Entwicklung der Methode.....	22
4.2 Stichprobe	23
4.3 Versuchsaufbau.....	25
4.3.1 Vorversuche.....	25
4.3.2 Hauptversuch.....	27
4.4 Datenauswertung.....	31
4.4.1 Auswertung der Hör- und Frequenzunterschiedsschwelle.....	31
4.4.2 Auswertung peripher-physiologischer Parameter.....	31
4.4.3 Auswertung zentraler Parameter	32
4.4.4 Auswertung der Verhaltensparameter	33

4.5	Statistische Methoden.....	33
5.	Ergebnisse.....	36
5.1	Stichprobe	36
5.2	Vorversuche	36
5.2.1	Hörschwelle	36
5.2.2	Frequenzunterschiedsschwelle (Ton-Diskriminationsschwelle)	38
5.2.3	Peripher-physiologische Parameter.....	38
5.2.3.1	Herzfrequenz	39
5.2.3.2	Sauerstoffsättigung (SpO2)	40
5.2.4	Verhaltensparameter.....	41
5.2.4.1	Reaktionszeit	41
5.2.4.2	Fehler und Verpasste Antworten.....	41
5.3	Hauptversuch	42
5.3.1	Peripher-physiologische Parameter.....	42
5.3.1.1	Herzfrequenz	42
5.3.1.2	Herzfrequenzvariabilitäts-Parameter Rmssd	44
5.3.1.3	Atemfrequenz.....	48
5.3.1.4	Sauerstoffsättigung (SpO2)	50
5.3.1.5	Endokriner Biomarker Cortisol	51
5.3.2	Zentrale Parameter	52
5.3.2.1	Frequenz des Peaks im Alfaband (Alpha-Frequenz)	53
5.3.2.2	Spektrale Leistungsdichte des Peaks im Alfaband (PSD).....	55
5.3.3	Verhaltensparameter.....	58
5.3.3.1	Reaktionszeit	58
5.3.3.2	Fehler	59
5.3.3.3	Verpasste Antworten	60
5.4	Vergleich der Vorversuchs- mit den Hauptversuchsergebnissen.....	61
5.4.1	Herzfrequenz	62
5.4.2	Sauerstoffsättigung	62
5.4.3	Reaktionszeit	63
6.	Diskussion	65
6.1	Diskussion der Ergebnisse des Hauptversuches	65
6.1.1	Peripher-physiologische Parameter.....	65
6.1.2	Zentrale Parameter	74
6.1.3	Verhaltensparameter.....	76

6.2	Bedeutung der Höraufgabenszenarien	78
6.3	Versuchsvergleiche zwischen Vor- und Hauptversuch.....	82
7.	Schlussfolgerungen	84
8.	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	86
9.	Anhang	93
9.1	Erhebungsmaterialien	93
9.2	Danksagung	96
9.3	Tabellenverzeichnis	97
9.4	Abbildungsverzeichnis	99
9.5	Ehrenwörtliche Erklärung.....	100

Abkürzungsverzeichnis

AF	-	Atemfrequenz [1/min]
Alpha-Frequenz	-	Frequenz des Peaks der Alphawellen im Leistungsspektrum [Hz]
EEG	-	Elektroenzephalografie
EKG	-	Elektrokardiogramm
EOG	-	Elektrookulografie
HF	-	Herzfrequenz [1/min]
HRV	-	Herzratenvariabilität/Herzfrequenzvariabilität
MEG	-	Magnetenzephalografie
mRA	-	mit Rauschen adaptiv
mRnA	-	mit Rauschen nicht adaptiv
NN-Intervall	-	Normal-to-Normal-Interval [ms]
oRA	-	ohne Rauschen adaptiv
oRnA	-	ohne Rauschen nicht adaptiv
PSD	-	Power spectral density [$\text{fT}/\sqrt{\text{Hz}}$] – in der vorliegenden Arbeit verweist es auf die spektrale Leistungsdichte des Peaks der Alphawellen im Leistungsspektrum
Rmssd	-	Root Mean Square of successive differences [ms]
SpO2	-	pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung [%]
SQUID	-	Superconducting quantum interference device
WHO	-	World Health Organization

Zusammenfassung

Schwerhörige fühlen sich durch ihre Hörminderung in vielen Bereichen des Lebens beeinträchtigt. Soziale und psychische Auswirkungen und das Gefühl des angestrengten Hörens tragen zu einem hohen Stressempfinden bei. Das Ziel dieser Arbeit war es, anhand objektiver Parameter nachzuweisen, dass leicht Schwerhörige mehr Stress in einer akustischen Diskriminationsaufgabe erfahren als normalhörige Personen. Dafür wurde ein geeignetes Studiendesign konzipiert und anschließend an jungen gesunden Probanden mit und ohne Hörschädigung getestet. Im Zuge von MEG- und EEG-Messungen wurden peripher-physiologische und zentrale Parameter sowie Verhaltensparameter erhoben, wobei sich Ruhephasen und Höraufgabenphasen abwechselten. In den Ergebnissen zeigten sich bei allen Probanden signifikante Unterschiede zwischen den Ruhe- und Höraufgabenphasen. Dies bestätigt die Eignung des entwickelten Studiendesigns zur Erhebung von Stressreaktionen. Weiterhin ergaben sich in zwei peripher-physiologischen Parametern (HF und Rmssd) signifikante Interaktionen der Faktoren Gruppe*Bedingung. Die wahrscheinlichste Ursache der Interaktionen sind die unterschiedlichen Ruhewerte der Gruppen. Diese deuten auf eine grundlegende Veränderung autonom gesteuerter Stressreaktionen hin, die durch ein generell erhöhtes Stresslevel der leicht Schwerhörigen evoziert sein könnten. Signifikante und tendenzielle Gruppenunterschiede wurden im Cortisol, der Reaktionszeit und in der spektralen Leistungsdichte des Peaks der Alphawellen im Leistungsspektrum nachgewiesen. Dies bekräftigt die Vermutung des generell erhöhten Stressniveaus der leicht Schwerhörigen. Insgesamt könnte damit von einer chronischen Stressbelastung leicht Schwerhöriger ausgegangen werden.

Mit der vorliegenden Arbeit konnte demonstriert werden, dass sich das entwickelte Design für die Erhebung von Stressreaktionen bei Personen mit und ohne Hörschädigung eignet. Die Methode kann für nachfolgende Studien empfohlen werden. Ziel dieser Studien sollte es sein, Stressreaktionen auch bei Personen mit ausgeprägter Lärmschwerhörigkeit nachzuweisen.

1. Einleitung

1.1 Relevanz des Themas

Schon bei einer etwas stärker ausgeprägten Erkältung ist eine Einschränkung des Hörens eine häufig auftretende Begleiterscheinung. Die damit einhergehenden Beeinträchtigungen im Alltag kennen wir demzufolge fast alle. Häufiges Nachfragen in der täglichen Kommunikation sowie ein damit verbundenes erhöhtes Stressempfinden können Folgen sein. Doch lässt sich durch eine Hörbeeinträchtigung evozierter Stress auch auf wissenschaftlicher Ebene nachweisen? Eine Untersuchung dieses Zusammenhangs war die Motivation der vorliegenden Arbeit.

Schwerhörigkeit ist bei weitem keine Seltenheit. Dies zeigte eine Studie der WHO aus dem Jahr 2015 (Vos et al. 2016), in der Schwerhörigkeit weltweit als zweithäufigste die Lebensqualität beeinträchtigende Erkrankung identifiziert wurde. Immerhin über 1 Milliarde Menschen weltweit waren in diesem Jahr von einem Hörverlust über 20 Dezibel betroffen. In Deutschland geht man von etwa 14 Millionen schwerhörigen Menschen mit einem Hörverlust von über 25 Dezibel aus (Heger und Holube 2010). Zu den häufigen Ursachen einer bleibenden Schwerhörigkeit zählt neben der Altersschwerhörigkeit und der chronischen Mittelohrentzündung die Lärmschwerhörigkeit (Zahnert 2011). Die Folgen von berufsbedingter Lärmschwerhörigkeit, insbesondere die Auswirkung auf die zentrale Verarbeitung, werden seit vielen Jahren im Lärmlabor des Instituts für Physiologie I des Universitätsklinikums Jena und dem Biomagnetischen Zentrum der Hans Berger Klinik für Neurologie am Universitätsklinikum Jena untersucht (Engelmann 2012, Gentsch 2010, Steenbeck 2002). Bei den Untersuchungen berichteten viele der Probanden über Stress, den sie im Alltag durch die Hörbeeinträchtigung erleben würden. Ausgehend von dieser Beobachtung entstand die Idee, das Stressausmaß der Schwerhörigen durch objektive Parameter nachzuweisen. Zur Umsetzung war es notwendig zuerst ein neues Versuchsdesign zu entwickeln. Dazu mussten Überlegungen und Recherchen erfolgen, anhand welcher Parameter das Stressausmaß messbar ist und wie man den Versuch gestalten müsste, um valide Messergebnisse zu erhalten. Anschließend sollte im Rahmen einer Pilotstudie an jungen gesunden Probanden

ohne und mit leichter Hörschädigung getestet werden, ob das Versuchsdesign funktioniert. Mithilfe des etablierten Paradigmas sollen in nachfolgenden Studien Zielgruppen wie berufsbedingt Lärmschwerhörige untersucht werden. Eine genauere Beschreibung der Versuchsentwicklung folgt im Methodenteil.

1.2 Wissenschaftlicher Hintergrund

Es existieren viele Studien zu Auswirkungen von Hörschäden auf die zentrale auditive Verarbeitung und die psychosoziale Gesundheit. Darunter berichteten einige Autoren vor allem über die Veränderung der zentralen auditiven Reizverarbeitung bei Personen mit Hörschäden (Burton et al. 2012, Engelmann 2012, Gentsch 2010, Kramer et al. 2006, Rohmann 2012, Rosburg 2003, Steenbeck 2002, Zhang et al. 2006). Andere Studien beschäftigten sich mit dem bei Schwerhörigen vermuteten Prozessen einer kortikalen Umorganisation. Dafür sprechen u. a. die bei Hörkranken gefundenen seitendifferenten Veränderungen aktivierter dominanter Areale (Burton et al. 2012, Li et al. 2006, Schmithorst et al. 2005, Zhang et al. 2006).

Hinreichend gut untersucht sind darüber hinaus die Effekte der Hörschädigung auf die psychosoziale Gesundheit. Diese konnten vor allem bei älteren Personen mit Schwerhörigkeit nachgewiesen werden. Die Betroffenen erleiden Einbußen auf sozialer, emotionaler und kommunikativer Ebene und fühlen sich dadurch stark benachteiligt, selbst wenn der Hörverlust nur gering ausgeprägt ist (Mulrow et al. 1990). Sie fühlen sich einsam und neigen vermehrt zu Depressionen (Gopinath et al. 2012, Wallhagen et al. 1996). Ferner konnte gezeigt werden, dass Hördefizite mit einem beschleunigten Abbau kognitiver Funktionen einhergehen (Lin et al. 2013). Hörschädigung scheint darüber hinaus durch diverse Mediatoren (kognitiver Abbau, empfundene gesundheitliche Beeinträchtigung) mit einem erhöhtem Mortalitätsrisiko assoziiert zu sein (Karpa et al. 2010). Auch für jüngere und mittelalte Personen konnte ein Zusammenhang zwischen Hörschädigung und psychischer und sozialer Gesundheit festgestellt werden (Nachtegaal et al. 2009b).

Zu den Auswirkungen von Schwerhörigkeit auf peripher-physiologische Stressreaktionen ist bisher wenig bekannt. Mackersie et al. (2015) untersuchte die Hautleitfähigkeit und die hochfrequente Herzfrequenzvariabilität bei Schwerhörigen in einer Sprachverständnisaufgabe. Sie konnte anhand dieser Parameter demonstrieren, dass Schwerhörige unter schwierigen Sprachverständnisbedingungen größere autonom gesteuerte Stressreaktionen erfuhren. Die Darstellung der stärkeren autonomen Reaktion bei Schwerhörigen ist auch ein Ziel der vorliegenden Arbeit. Zusätzlich soll zu den autonomen Reaktionen die kognitive Belastung von Schwerhörigen abgebildet werden. Bisherige Studien wiesen eine erhöhte kognitive Belastung vor allem bei älteren Schwerhörigen nach. Die kognitiven Einschränkungen umfassten dabei vorwiegend durch Verhaltensparameter nachgewiesene Leistungseinbußen bei Bearbeitung einer Sprachverständnisaufgabe (McCoy et al. 2005, Seldran et al. 2011, Stewart und Wingfield 2009, Tun et al. 2010). Zur Erhebung der kognitiven Belastung sollen Verhaltensparameter und durch EEG und MEG erhobene Parameter genutzt werden. Durch letztere kann unter anderem die Alphawellenaktivität bestimmt werden. Eine Suppression von Alphawellen gilt als Ausdruck mentaler Anstrengung. Dies konnte in sensorischen und psychophysiologischen Aufgabenstellungen gezeigt werden (Hanslmayr et al. 2005, Karrasch et al. 1998, Stipacek et al. 2003, Williamson et al. 1997).

Die vorangestellten Abschnitte verdeutlichten, dass Schwerhörige in vielen Bereichen des Lebens Beeinträchtigungen erfahren, die sich auf das Stresserleben der Betroffenen auswirken. Es wurde auch herausgestellt, dass der objektive Nachweis des durch die Hörschädigung erlebten Stresses bisher kaum Beachtung fand. Ziel der vorliegenden Arbeit war es deshalb, eine Methode zum Nachweis von Stress bei Schwerhörigen zu erarbeiten und zu testen. Die nachfolgenden Kapitel sollen einen Überblick über die theoretischen Grundlagen der Schwerhörigkeit und die methodischen Grundlagen der Messung von Stress- und Belastungsreaktionen liefern.

2. Grundlagen

2.1 Theoretische Grundlagen

2.1.1 Hören

Unser Gehör kann Geräusche aufnehmen, verarbeiten und weiterleiten. Doch wie genau funktioniert das und was geschieht, wenn es geschädigt wird? Es folgt ein kurzer Einblick in die Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie des Ohres. Es werden insbesondere Lärmschäden und deren Auswirkungen im Zentrum der Betrachtung stehen.

Unser Ohr besteht aus dem Außen-, Mittel- und Innenohr. Schon im äußeren Ohr, wo der Schall gebündelt wird, beginnt eine Aufspaltung der Geräuschinformation. Die aufgeworfenen Knorpelwülste der Ohrmuschel verstärken Frequenzanteile von 2-5 kHz. Dies hilft bei der Richtungslokalisierung und der späteren Frequenzkodierung. Der Schall gelangt ins Mittelohr und wird durch die Auslenkungen der Gehörknöchelchen gegen das kleine, an das Innenohr angrenzende, ovale Fenster verstärkt. Der so verstärkte Schall trifft auf die flüssigkeitsgefüllten Gänge der Cochlea (Hörschnecke) und versetzt die Basilarmembran, die die Wandbegrenzung zweier Gänge bildet, in wellenförmige Schwingungen. Auf der Basilarmembran sitzen, im sogenannten Corti Organ, die äußeren und inneren Haarzellen zusammen mit ihren Stütz- und Pfeilerzellen. Die wellenförmigen Bewegungen führen über das Abbiegen von Zilien der äußeren Haarzellen zu deren Erregung. Da die Basilarmembran an Breite und Elastizität zur Schnecken Spitze zunimmt, gibt es für jede Frequenz einen spezifischen Ort entlang der Basilarmembran, an dem diese maximal ausgelenkt wird (Frequenz-Orts-Kodierung). Hohe Frequenzen haben ihren maximalen Schwingungsort am Beginn der Basilarmembran, tiefe Frequenzen am Ende. Die äußeren Haarzellen können sich aktiv kontrahieren und dadurch das lokale Amplitudenmaximum verstärken. Dies ist notwendig, um bei geringen Signalpegeln die inneren Haarzellen zu erregen. Zudem trägt es zur Frequenzdiskrimination bei. Erst Signalpegel ab 50-70 dB reichen aus, um die inneren Haarzellen allein zu erregen. Ab solch hohen Pegeln kommt es zu einer Verringerung der Wellenverstärkung, die sogar ins Gegenteil umschlagen kann und zur aktiven Abschwächung der Wellenauslenkung führt. Über die inneren Haarzellen wird das mechanische in ein

elektrisches Signal codiert und über den synaptischen Spalt an afferente Nervenendigungen des Ganglion cochleare weitergeleitet. Im Ganglion cochleare, das bereits Teil der Hörbahn ist, verlaufen afferente und efferente Nervenfasern. Viele efferente Nervenendigungen inserieren an den äußeren Haarzellen. Die Funktion der äußeren Haarzellen als aktive Verstärker wird durch zentrale Impulse über diese Efferenzen moduliert. Es wird angenommen, dass das zentrale Nervensystem darüber einen Einfluss auf die selektiv auditive Wahrnehmung, wie die Signalerkennung aus Hintergrundgeräuschen hat. Die Hörbahn verläuft über insgesamt 5-6 Stationen im Hirnstamm, Mittel- und Zwischenhirn zum Hörkortex im Temporallappen. In den Stationen erfolgen erste Analysen der Schallinformation sowie Umschaltungen auf Folge Neurone. Die Fasern kreuzen dabei mehrmals die Seiten. 90 Prozent der afferenten Nervenfasern inserieren genau an einer inneren Haarzelle. Dadurch ergibt sich, dass jede Hörnervenfasern nur durch eine ganz bestimmte Frequenz erregt wird. Dabei kodieren die Hörnervenfasern Schalleigenschaften wie Amplitude und Dauer über die Entladungsrate und Länge der Aktionspotentiale. Bis ca. 5000 Hz werden auch zusätzliche Mechanismen wie die Periodizitätsanalyse verwendet. Es werden periodisch auftauchende Aktionspotentialmuster erkannt und in eine Frequenz dekodiert. Dies ist ein weiterer Mechanismus, der zur Frequenzunterscheidung beiträgt. Die Hörbahn endet kontra- und ipsilateral im primär auditiven Kortex. Dieser liegt in den Gyri temporales transversi (Heschl Gyrus) in den Temporallappen. Die Information wird durch mehrmalige Verschaltungen entlang der Hörbahnstationen bereits aktiv vorverarbeitet. Das zeigt die sich nach zentral verändernde Antwortcharakteristik der Neurone. Während die Neurone des Ganglion cochleare noch die Amplitude, die Frequenz und die Dauer verschlüsseln, reagieren Neurone höherer Stationen auf das Muster des Schalls wie zum Beispiel das Sprachmuster. Bereits ab dem Nucleus cochlearis kommt es zu einer Spezialisierung der Hörneurone in Form von inhibitorischer oder excitatorischer on-off Neurone. So gibt es Fasern, die auf ganz bestimmte Frequenzen reagieren und bei Nichterregung einfach ausgeschaltet werden, oder Fasern, die nur auf Amplitudenschwankungen oder Frequenzveränderungen reagieren (vgl. Zenner 2007), Hellbrück und Ellermeier (2004a).

2.1.2 Schwerhörigkeit und daraus resultierende Folgen

Der Begriff Schwerhörigkeit umschließt alle Formen der Schwerhörigkeit, begonnen von der nur sehr milden Form (laut WHO ab 25 dB Hörverlust) bis zur Taubheit, bei der das Gehör häufig so sehr geschädigt ist, dass die Kommunikation vor allem mittels Zeichensprache erfolgen muss (WHO-PDH 1991, Zahnert 2011). Die Einteilung der Schweregrade der Hörschädigung hängt von dem Hörverlust (angegeben in Dezibel) der betroffenen Person ab.

Die Ursachen für eine Schwerhörigkeit können vielfältigster Natur sein. Entlang der verschiedenen Anteile und Stationen des Hörorgans gibt es mehrere Orte, an denen es zu einer Funktionsstörung kommen kann. Deshalb kann man die Schwerhörigkeit grob anhand des Orts der Schädigung in eine Schallleitungs-, Schallempfindungs-, neurale und zentrale Schwerhörigkeit einteilen. Die Unterscheidung wird mithilfe audiologischer Testverfahren wie z.B. dem Stimmgabelversuch nach Rinne und Weber, der Reintonaudiometrie oder otoakustischer Emissionen vorgenommen (Dieroff 1994, vgl. Zahnert 2011).

Die Schallempfindungsschwerhörigkeit (auch Innenohrschwerhörigkeit genannt) zählt zu den häufigsten Schwerhörigkeiten beim Erwachsenen. Die Pathologie ist im Corti Organ, dem Sitz der Haarzellen, lokalisiert. Die pathophysiologischen Prozesse reichen von veränderter Ionenzusammensetzung cochleärer Bestandteile, Schäden an den inneren oder äußeren Haarzellen (Schäden der Stereozilien) bis hin zu Defekten an den Synapsen innerer Haarzellen. Dabei können diese Schäden akut entstehen wie bei einem Knalltrauma oder einem Hörsturz oder durch chronische Einwirkung zustande kommen wie bei der Presbyakusis oder der Lärmschwerhörigkeit (vgl. Dieroff 1994, Zahnert 2011).

Chronische Lärmschäden entstehen durch wiederholte Lärm- und Schallexposition. Es reicht die Exposition gegenüber langandauernden wiederkehrenden Schallreizen, die im Bereich der Gehörgrenze von mind. 85 dB liegen. Sie ist anfangs erkennbar an einer kurzfristigen, reversiblen Hörschwellenerhöhung (temporary threshold shift). Sie kann jedoch auch in eine dauerhafte, nicht reversible Hörschwellenanhebung übergehen (permanent temporary threshold shift). Beide Schwellenverschiebungen sind Ausdruck einer Schädigung des Gehörs. Der pathophysiologische Mechanismus dahinter ist

unterschiedlicher Natur. Meist kommt es zuerst zu Schäden an den Zilien äußerer Haarzellen, wodurch die mechano-elektrische Transduktion innerhalb der Haarzellen gestört wird. Sehr hohe Schallpegel können auch die gesamte Zelle betreffen und sie zerstören. Durch die geschädigten äußeren Haarzellen kommt es zu Problemen in der Verstärkung niedriger Eingangssignalpegel mit Verlust der selektiven Orts-Frequenz-Auflösung. Es resultiert eine Hörminderung für vorrangig niedrige Schalldrücke und eine Verzerrung von Frequenzen, die sich in einem gestörten Sprachverständnis äußert. Die Haarzellen verlieren ihre Funktion, aktiv Signale verstärken oder abschwächen zu können. Der Übergang niedriger in hohe Signalpegel erfährt zudem keine graduelle Anpassung mehr durch die äußeren Haarzellen, was dann als unangenehm bis schmerzhaft laut empfunden wird. Dieses Phänomen ist als Rekrutment bekannt. Die Hauptfolgen, wie die verringerte Frequenzdiskrimination und die angehobene Hörschwelle, führen zudem zu einer herabgesetzten Schalllokalisation und zu einem schlechterem Hörverständnis bei Hintergrundrauschen (vgl. Dieroff 1994, Hellbrück und Ellermeier 2004b, Zahnert 2011).

Weitere Auswirkungen von Schwerhörigkeit betreffen psychosoziale Aspekte. Das verminderte Ton- und Sprachverständnis wirkt sich besonders auf die zwischenmenschliche Kommunikation aus. Es erschwert das Zuhören und das Gespräch insbesondere bei Störgeräuschen (Beattie et al. 1997, Plomp 1978, Plomp 1986). Um für Personen mit einem Hörschaden eine angenehme Gesprächsatmosphäre aufkommen zu lassen, müsste der Schallpegel der Störgeräusche wesentlich niedriger sein (um mehr als 10 Dezibel) als der Schallpegel des Gesprochenen (Ising et al. 2004). Das ist jedoch im Alltag der Betroffenen kaum umsetzbar. Schwerhörige fühlen sich durch ihre Hörstörung gesundheitlich beeinträchtigt. Diese Selbstwahrnehmung spielt laut Wallhagen et al. (1996) eine große Rolle bei Personen mit Hördefiziten. So können schon geringe und/oder dauerhafte Hördefizite erhebliche Auswirkungen auf die psychosoziale Situation des Betroffenen haben. Es drohen psychosoziale und mentale Beeinträchtigungen, die sich in erster Linie in einem getrübbten subjektiven Gesundheitsgefühl und Wohlbefinden niederschlagen (Wallhagen et al. 1996). Depression, Isolation und emotionaler Stress sind weiterhin, besonders bei Älteren, gut untersuchte psychosoziale Folgeerscheinungen von Hörstörungen

(Gopinath et al. 2012, Wallhagen et al. 2001). Auch bei jüngeren hörgeminderten Personen ist eine Einschränkung der psychosozialen Gesundheit und des Arbeitslebens nachgewiesen. (Nachtegaal et al. 2011). Bezeichnend für das verstärkte Stressempfinden bei Hörgeschädigten ist zudem der erhöhte Bedarf an Ruhe und Erholung nach der Arbeit (Nachtegaal et al. 2009a). Doch auch im beruflichen Alltag leiden die Betroffenen unter einer mentalen Mehrbelastung und damit verbundenen Ermüdungserscheinungen. Darüber hinaus melden sie sich häufiger krank als gesunde Arbeitskollegen. Risikofaktoren, die zu einer mentalen Mehrbelastung am Arbeitsplatz führen, sind unter anderem der Geräuschpegel, die Notwendigkeit Geräusche und Signale voneinander zu unterscheiden, die Notwendigkeit bei lauten Umgebungsgeräuschen zu kommunizieren und die subjektiv empfundene Höranstrengung. Insbesondere die empfundene Höranstrengung scheint eine besonders herausragende Variable zu sein (Kramer et al. 2006). Weiterhin sind Hörschäden mit einer erhöhten Gesamtmortalität sowie mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen assoziiert. Über indirekte Wege wie subjektiv empfundene Gesundheitseinbußen, Einschränkungen der Mobilität sowie kognitive Defizite steigern sie das Mortalitätsrisiko, vor allem wenn mehrere Einschränkungen zusammen kommen (Karpa et al. 2010, Wallhagen et al. 1996).

Die oben aufgeführten Studien heben hervor, dass das Stressempfinden Schwerhöriger besonders mit sozialen und emotionalen Aspekten im Rahmen alltäglicher Interaktionen zusammenhängt. Gleichzeitig scheint die empfundene Höranstrengung als solche ein herausragender Stressfaktor zu sein. Inwieweit sich physiologische Stressreaktionen und kognitive Belastungen messen lassen wird im folgenden Kapitel behandelt

2.2 Methodische Grundlagen

Dieses Kapitel behandelt die Operationalisierung der Folgen von Hörschäden und Stress anhand subjektiver und objektiver Messverfahren. Es wird ein Überblick über mögliche Messverfahren gegeben und die im Versuch genutzten Messobjekte genauer beschrieben.

2.2.1 Die Bestimmung der Hörschwelle mittels Reintonaudiometrie

Das Gehör kann mittels subjektiver und objektiver Testverfahren untersucht werden. Zu den subjektiven Testmethoden zählt u.a. die Reintonaudiometrie, die in dieser Arbeit zur Erkennung der Hörschwelle angewendet wurde. Hier wird die individuelle Hörschwelle für Frequenzen zwischen 250-20.000 Hz bestimmt. Die Hörschwellentestung wird für jedes Ohr einzeln durchgeführt. Ausgehend von einem nicht hörbaren Ton bestimmter Frequenz wird die Lautstärke solange gesteigert, bis der zu Untersuchende den präsentierten Ton wahrnimmt. Anschließend wird die Lautstärke wieder verringert. Der zu Untersuchende kennzeichnet die Tonwahrnehmung bspw. durch Drücken eines Knopfes. Er hält diesen solange gedrückt, bis er den Ton nicht mehr wahrnimmt. Typischerweise startet man bei 1000 Hz, präsentiert danach Töne tiefer Frequenzen und anschließend Töne hoher Frequenzen. Das Resultat ist eine Schwellen- oder Hörkurve, die mit der bei 0 dB liegenden Referenzhörkurve verglichen wird. Positive Dezibelwerte kennzeichnen einen Abfall der Hörleistung, negative Werte sprechen für ein überdurchschnittlich gutes Gehör. Zur Unterscheidung zwischen einer Schallleitungs- und Schallempfindungsschwerhörigkeit kann zusätzlich zur Luftleitungsschwelle die Knochenleitungsschwelle erhoben werden. Mithilfe des Kurvenverlaufs der Luftleitungsschwelle lassen sich zudem Aussagen über die Ursache der Hörstörung treffen. Ein Abfall über tiefen Frequenzen ist u.a. typisch für angeborene Hörstörungen. Eine Absenkung in hohen Tonbereichen findet sich häufig bei der Presbyakusis oder bei der Lärmschwerhörigkeit. Charakteristisch für die Lärmschwerhörigkeit ist die sogenannte „c5“-Hörsenke bei 4000 Herz (vgl. Boenninghaus und Lenarz 2007, Lehnhardt und Laszig 2009).

2.2.2 Die Bestimmung der Frequenzunterschiedsschwelle

Das Frequenzunterscheidungsvermögen bezeichnet die Fähigkeit geringste Tonunterschiede zu erkennen. Die Ortskodierung auf der Basilarmembran sowie die Periodizitätsanalyse sind die wesentlichen Mechanismen der Frequenzdiskrimination. Dabei trägt die Periodizitätsanalyse nur bei tieferen Frequenzen zur Frequenzauflösung bei (bis ca. 4 kHz). Die Ortskodierung kann

auch hohe Frequenzen (über 4 kHz) auflösen. Messbar ist das Frequenzunterscheidungsvermögen anhand der Frequenzunterschiedsschwelle. Dies ist der kleinste wahrnehmbare Abstand zwischen zwei Tönen. Der wiederum ist von der Tonhöhe und dem Trainingszustand abhängig. Gesunde Personen können Unterschiede in tiefen Frequenzlagen ab 1 Hz Tonunterschied erkennen. Ab 500 Hz steigt die Frequenzunterscheidungsschwelle. Im Hochtonbereich um 4000 Hz liegt der hörbare Mindestfrequenzabstand bei durchschnittlich 25 Hz und bei 8000 Hz schon bei durchschnittlich 200 Hz. Existieren cochleäre Schäden schlägt sich das in einer gröberen Tonunterscheidung nieder. Dem Untersuchten fällt es schwerer Töne zu unterscheiden. Zudem ergeben sich dadurch Auswirkungen auf das Sprachverständnis (vgl. Delb und Praetorius 2004, Sek und Moore 1995).

Zur Messung der Frequenzunterschiedsschwelle ist es gängig 2 Sinustöne zu verwenden, die in der Frequenz voneinander abweichen. Der Proband muss entscheiden, welcher von beiden bspw. höher war. Die Auswertung erfolgt zumeist mit psychometrischen Funktionen. Hierbei wird im Fall der akustischen Diskrimination die Leistung (bspw. Richtigkeit der getroffenen Antworten in Prozent) gegen die verwendeten Frequenzkategorien aufgetragen. Der Schwellenwert wird als ein definierter Wert (bspw. 79% der Leistung oder Umschlagpunkt einer Sigmoidalfunktion) der psychometrischen Funktion bestimmt (vgl. Moore 1973, Sek und Moore 1995). Die Frequenzunterschiedsschwelle wurde in dieser Arbeit für jeden Probanden einzeln bestimmt. Die Ergebnisse wurden zur Bestimmung der Frequenzabstände der akustischen Diskriminationsaufgabe im Hauptversuch verwendet.

2.2.3 Messung peripher-physiologischer und endokriner Stressreaktionen

In diesem Abschnitt werden Hintergrundinformationen zum Begriff Stress vorangestellt. Weiterhin werden die an der Stressreaktion beteiligten Systeme, das endokrine und das autonome System, näher beschrieben. Abschließend werden peripher-physiologische und biochemisch relevante Marker besprochen.

Stress ist definiert als eine „unspezifische Antwort“ des Organismus auf eine „Störung des harmonischen Gleichgewichts zwischen Organismus und Umwelt“

(Birbaumer und Schmidt 2010a). Dabei handelt es sich um physiologische Stressreaktionen, die der Anpassung an eine Belastung und der Reaktionsbereitschaft des Organismus dienen. Wichtiges Zentrum für die Aktivierung von Stressreaktionen ist der Hypothalamus. Über die Ausschüttung von Corticotropin-Releasing-Hormon wird die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse aktiviert. An deren Ende werden Glukokortikoide (u.a. Cortisol) ins Blut abgegeben. Daneben führt Stress zur Aktivierung des sympathischen Nervensystems, das die Ausschüttung von Katecholaminen (u. a. aus dem Nebennierenmark) zur Folge hat. Glukokortikoide und Katecholamine gelten als Stresshormone und sollen dem Organismus in kurzen Stressphasen schnell Energie zur Verfügung stellen. Glukokortikoide mobilisieren Energiereserven in Form von gesteigerter Lipolyse, Proteolyse und Glukoneogenese. Katecholamine wie Adrenalin und Noradrenalin erhöhen über die Anpassung autonomer Reaktionen wie Herzfrequenz, Atmung und Gefäßwiderstand die Leistungsbereitschaft des Organismus. Der Körper kann damit adäquat auf eine Kurzzeitbelastung reagieren (Birbaumer und Schmidt 2010b). Die Stressantworten haben somit schützenden Wert für den Körper. Bei Langzeitstress kann sich diese schützende Wirkung umkehren und zu Schäden im Körper führen (McEwen und Seeman 1999). Der Verlauf und die Stärke der Stressantwort sind abhängig von der individuellen Bewältigungsstrategie und der Erfahrung mit der Stressbewältigung. Negative Erfahrungen und fehlende Bewältigungsmöglichkeiten können zu langanhaltenden Stressreaktionen und über pathophysiologische Veränderungen zu Krankheit führen. McEwen bezeichnet die Folgen solch inadäquater Stressreaktionen als allostatische Belastung (McEwen 2000). Langanhaltende Stressreaktionen äußern sich in „gesteigerten autonomen und endokrinen Reaktionen“, die „auch in Ruhe oder Zwischenphasen“ bestehen bleiben (Birbaumer und Schmidt 2010c). Der Nachweis gesteigerter autonomer und endokriner Stressreaktionen während einer akustischen Diskriminationsaufgabe soll ein Ziel der vorliegenden Arbeit sein.

Da Stress in vielen Körperreaktionen sichtbar wird, wäre ein einziger Parameter für die Erhebung einer Stressantwort nicht ausreichend. Besser ist ein multivariates Verfahren mit dem viele Reaktions- und Verhaltensebenen untersucht werden können (Scherer 1985). Darum wurden in diesem Experiment

mehrere Parameter der peripher-physiologischen Stressreaktionen (autonom und endokrin) gemessen. Diese sollen nachfolgend näher betrachtet werden.

2.2.3.1 Die Herzfrequenz als sympathisch regulierter Stressmarker

Herzfrequenzsteigerungen ergeben sich sowohl bei physischer (Mitchell 1985, Sandvik et al. 1995) als auch bei mentaler Belastung (Klinger et al. 1973). Die Steigerung der Herzfrequenz bei Belastung wird durch das vegetative Nervensystem bewirkt. Erhöhte Aktivität des Sympathikus bei verringerter Aktivität des Parasympathikus führen zu einer Steigerung der Herzfrequenz und/oder des Schlagvolumens (Behrends et al. 2010). Dadurch wird das Herzzeitvolumen erhöht und einhergehend damit die Durchblutung gefördert. Durch die bessere Durchblutung können wichtige und an der Belastung beteiligte Körperbereiche (u.a. Skelettmuskulatur, Gehirn) besser versorgt werden. Zur Erkennung der Frequenz kann das EKG herangezogen werden. Die Anzahl der R-Zacken erlauben bei Berücksichtigung der Schreibgeschwindigkeit des EKGs einen Rückschluss auf die Herz(kammer)frequenz (Haberl 2003). In dieser Arbeit soll die Herzfrequenzsteigerung zur Erkennung einer sympathisch aktivierten Stressreaktion dienen.

2.2.3.2 Der HRV-Parameter Rmssd als parasympathisch regulierter Stressmarker

Die Herzratenvariabilität (HRV) spiegelt die Aktivität des sympathischen und parasympathischen Nervensystems auf kardialer Ebene wieder (Sztajzel 2004) und liefert Informationen über die Anpassungsfähigkeit des Organismus an äußere Umwelteinflüsse (Thayer et al. 2012). Eine große Variabilität in der Herzfrequenz ist kennzeichnend für eine flexible und angepasste Reaktion des Organismus an eine Stressbelastung. Geringere Schwankungen der Herzfrequenz deuten auf Probleme in der Stressadaptation hin und sind ein Warnsignal. So gilt eine geringere HRV als Prädiktor für ein erhöhtes Risiko kardiovaskulärer Komplikationen, insbesondere bei Patienten nach Myokardinfarkt (Malik 1996, Sztajzel 2004). Zusätzlich kann die HRV ein Anzeichen dafür sein, wie ausgeprägt und flexibel zerebrale Regulationssysteme periphere Abläufe kontrollieren. Damit reflektiert die HRV „bedeutende Aspekte zerebraler Funktionsweisen“ und kann

als „Marker für Stress, Gesundheit und Widerstandsfähigkeit“ dienen (Thayer et al. 2012).

Die HRV lässt sich aus dem EKG ableiten. Dazu werden die Intervalle der aufeinanderfolgenden Herzschläge über einen bestimmten Zeitraum betrachtet und ausgewertet. Die aufeinanderfolgenden Herzschläge werden als NN-Intervalle („Normal to Normal“-Intervall) bezeichnet. Das drückt aus, dass nur bestimmte, den normalen Herzschlag wiedergebende, RR-Intervalle berücksichtigt werden. Für eine HRV-Bestimmung können sowohl Langzeit-EKG Messungen (24 Stunden) als auch Kurzzeit-EKG Messungen (zwei bis fünf Minuten) genutzt werden (Löllgen 1999, Malik 1996). Aus den NN-Intervallen lassen sich verschiedene Parameter der HRV berechnen. Die Berechnungen basieren auf zeitbezogenen oder frequenzbezogenen Auswertungen. Frequenzbezogene Auswertungen nutzen die Fast Fourier Transformation für eine Übertragung der Daten aus dem Zeit- in den Frequenzbereich (Löllgen 1999). Die verschiedenen Anteile am Frequenzspektrum lassen sich in ultra-niedrige, niedrige und hohe Frequenzanteile einteilen. Niedrige Frequenzanteile repräsentieren vorwiegend sympathische Einflüsse. Hohe Frequenzanteile beinhalten eher parasympathische Einflüsse. Zeitbezogene Auswertungen leiten aus den NN-Intervallen statistische Maße ab. Einer der wichtigen und von der „Task Force of European Society of Cardiology“ empfohlenen zeitbezogenen Größen ist der Rmssd-Wert (root-mean-square of successive differences) (Malik 1996). Dieser spiegelt die schnellen Schwankungen der Herzfrequenz wieder und gilt als Korrelat der parasympathischen (vagalen) Aktivität. Er wird aus der Quadratwurzel des Mittelwertes quadrierter Differenzen aufeinanderfolgender NN-Intervalle berechnet:

$$rmssd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n (NN_i - NN_{i-1})^2}$$

Der Rmssd- Wert reagiert sensitiv auf mentalen und physikalischen Stress (Taelman et al. 2011). So nimmt er unter mentalem und/oder physikalischem Stress ab und unter Erholungsphasen zu (Cinaz et al. 2013, Mezzacappa et al. 2001, Myrtek et al. 1996, Taelman et al. 2011). Der Rmssd-Wert wurde in dieser

Arbeit als HRV-Marker zur Erkennung parasympathisch regulierter Stressreaktionen verwendet.

Die HRV-Parameter unterliegen dem Einfluss vieler Störvariablen. Dazu zählen das Alter, die Atmung, der Trainingszustand, die Tageszeit und Medikamenteneinnahme. Bei der Bewertung der Parameter sollte man daher mit Bedacht vorgehen und Einflussgrößen bedenken (Löllgen 1999). In der vorliegenden Arbeit wurden mögliche Störvariablen durch Verhaltensanweisungen kontrolliert.

2.2.3.3 Die Atemfrequenz als Marker einer Belastungsreaktion

Belastungssituationen führen zu einer Steigerung der Atmung durch eine Steigerung der Atemfrequenz und/oder eine Erhöhung des Atemzugvolumens. Dies geschieht um den Körper mit ausreichend Sauerstoff zu versorgen. Dabei dienen Mechano- und Chemorezeptoren als Sensoren und informieren bei ihrer Aktivierung das Atemzentrum im Hirnstamm. Chemorezeptoren reagieren dabei besonders empfindlich auf die mit einer Belastung einhergehenden Veränderungen des Kohlenstoffdioxidgehalts und des pH-Wertes im Blut. Zusätzlich gibt es weitere Faktoren wie Fieber, Schmerz, Emotionen oder Adrenalin, die atemanregend wirken. Das Atemzentrum wiederum steuert über die Aktivierung inspiratorischer und expiratorischer Neurone die Atemzyklen (vgl. Huppelsberg und Walter 2005a). Auch mentale Belastungen können eine Steigerung der Atemfrequenz auslösen, wobei besonders eine schnellere und flachere Atmung als Ausdruck einer erhöhten kognitiven Belastung gilt (Backs und Seljos 1994, Wientjes 1992). Die Atemfrequenz dient in der vorliegenden Arbeit zur Erfassung einer peripher sichtbaren Belastungsreaktion im Zuge der mentalen Beanspruchung durch die Höraufgabe.

Die Atmung lässt sich durch Brust- und/oder Bauchatmungsgurte messen, die über Dehnungssensoren die Atemexkursionen erfassen, oder durch einen Atemflussfühler, der Temperaturunterschiede der Ein- und Ausatmung über Mund und Nase registriert (vgl. Matthys und Seeger 2002). In dieser Studie wurde zur Detektion der Atmung ein Atemflussfühler verwendet.

2.2.3.4 Die SpO₂ als Marker einer Belastungsreaktion

Die pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung (SpO₂) zeigt an, wieviel Prozent der Sauerstoffbindungsstellen am Hämoglobin besetzt sind. Bei Raumtemperatur liegt die arterielle SpO₂ eines gesunden Menschen bei 95-100%. Die Höhe der SpO₂ hängt von dem Sauerstoffpartialdruck, aber auch von der Bindungsstärke zwischen Sauerstoff und seinem Transportprotein Hämoglobin ab. Wie stark diese Bindung ist, beeinflussen chemische und metabolische Faktoren wie z.B. pH-Wert, CO₂-Partialdruck (pCO₂) und Temperatur. Ein hoher pCO₂, ein niedriger pH-Wert und Fieber führen zu einer gelockerten Bindung und darüber zu einer erleichterten Sauerstoffabgabe, wie es im Gewebe der Fall ist. Verlaufen die Werte in die andere Richtung, ist die Bindung zwischen Sauerstoff und Hämoglobin gestärkt, die Sauerstoffabgabe erschwert sowie die Aufnahme erleichtert. Dies ist in der Lunge der Fall, wo eine leichte Sauerstoffbindung erwünscht ist (vgl. Huppelsberg und Walter 2005b). Bei starker Belastung (z.B. körperlich oder mental) ist der Sauerstoffverbrauch im Gewebe erhöht, wodurch die Sauerstoffsättigung fällt (Nielsen 2003, Turner und Carroll 1985).

Die Sauerstoffsättigung kann indirekt über einen peripher platzierten (Finger, Ohr läppchen) Pulsoxymeter gemessen werden. Das Messprinzip beruht auf der verschiedenen Lichtabsorption von oxygenierten und desoxygenierten Hämoglobin. Die gemessenen Sättigungswerte können durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst werden. Dazu zählen lackierte Fingernägel, ein Verrutschen des Sensors, lokale Minderperfusion oder Bewegungsartefakte (vgl. Leuwer et al. 2005). Die pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung kommt in dieser Studie als zusätzlicher Indikator einer peripher sichtbaren Belastungsreaktion zum Einsatz. Durch Verhaltensanweisungen an die Probanden sollen Störfaktoren kontrolliert werden.

2.2.3.5 Cortisol als endokriner Stressmarker

Neben den oben genannten Vitalparametern wurde der Biomarker Cortisol im Speichel als ergänzender Stressmarker in dieser Studie eingesetzt. Cortisol ist ein Stresshormon. Es versetzt den Organismus in eine katabole Stoffwechsellage mit

dem Ziel Energie bereitzustellen. Über die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Hormonachse wird die Cortisolbildung in der Nebennierenrinde reguliert. Cortisol wird in einem pulsatilen Rhythmus ins Blut abgegeben. Vormittags sind die Werte am höchsten. Im Laufe des Tages fällt es kontinuierlich ab, erreicht jedoch am frühen Nachmittag einen zweiten kleinen Anstieg (vgl. Klinker et al. 2005). Im Blut wird es zu einem großen Anteil an Transportproteine gebunden und zu den Zielorganen gebracht. Ein geringerer Anteil bleibt ungebunden. Dieses freie Cortisol ist die bioaktive Form und kann aufgrund ihrer lipophilen Eigenschaften durch Zellwände diffundieren. Es dauert ca. eine Minute, bis das freie Cortisol aus dem Blut im Speichel nachweisbar ist (Kirschbaum und Hellhammer 1999). In der Erforschung von Stress wird das Speichelcortisol als „Methode der Wahl“ erwähnt (Hellhammer et al. 2009). Dies liegt vor allem an den vielen Vorteilen. Die Probengewinnung von Speichelcortisol ist nicht-invasiv, unkompliziert, schnell und günstig, ebenso wie seine Lagerung (Kirschbaum und Hellhammer 1999). Bei akutem Stress steigt die Cortisolkonzentration im Speichel an (Bohnen et al. 1990, Nicolson 1992). Der Anstieg hängt laut Nicolson zudem mit der subjektiven Bewertung des Stressors sowie den zur Verfügung stehenden Bewältigungsmechanismen zusammen. Die Cortisolkonzentration im Speichel kann weiterhin durch viele Faktoren beeinflusst werden. Medikamente, Ernährung und die individuelle Glukokortikoid- und Rezeptorsensitivität sind nur ein paar der Einflussfaktoren der Cortisolkonzentration. Zur Umgehung möglicher Störfaktoren ist daher eine vorsichtige Stichprobenauswahl und Testanalyse vor Probengewinnung wichtig (Hellhammer et al. 2009). In der vorliegenden Arbeit sollen mittels gezielter Fragen und Verhaltensanweisungen Störfaktoren erkannt und kontrolliert werden.

Für die Auswertung von Speichelcortisolproben werden häufig sogenannte Immunoassays verwendet. Diese Tests basieren auf einer Antigen-Antikörper Bindung, die mittels unterschiedlicher Markierungsmethoden (Fluoreszenz, schwachradioaktive Stoffe, Enzyme) nachgewiesen werden kann (Miller et al. 2013).

2.2.4 Messung zentraler Parameter zur Abbildung der kognitiven Belastung

Der Stress, den Hörgeschädigte empfinden, wird einerseits durch psychosoziale Aspekte hervorgerufen. Andererseits sind insbesondere mentale Belastungen wie eine vermehrte Höranstrengung eng mit dem subjektiven Stresserleben der Hörgeschädigten verknüpft (Kramer et al. 2006). Objektive Verfahren wie EEG und MEG können Aufschluss über die zentral auditive Informationsverarbeitung und mentale Belastung liefern. So gibt es Belege, dass die Verarbeitung akustischer Signale bei Hörgeschädigten verändert ist (Campbell und Sharma 2013, Kanno et al. 2000, Zhang et al. 2006). Insbesondere eine Amplitudenzunahme im akustisch evozierten Potential P2 von leicht Schwerhörigen könnte Zeichen einer größeren kognitiven Belastung und Anstrengung sein (Bertoli et al. 2011, Campbell und Sharma 2013). Zudem müssen aufgrund der erschwerten akustischen Informationsverarbeitung mehr Ressourcen bzw. andere Ressourcen genutzt werden. Dies wurde anhand einer zusätzlichen Aktivierung frontaler Areale bei leicht Schwerhörigen während akustischer Reizung demonstriert (Campbell und Sharma 2013).

Neben ereigniskorrelierten Potentialen und magnetischen Feldern, welche die auditive Informationsverarbeitung widerspiegeln, kann auch die kortikale Hintergrundaktivität mittels MEG und EEG erfasst werden. Gesunde Personen im entspannten Wachzustand haben vorwiegend Alphawellen-Aktivität. Diese umfasst Frequenzen von 8 bis 13 Herz und lässt sich besonders über dem parietalen und okzipitalen Kortex erkennen (Birbaumer und Schmidt 2010d). Die Alphawellenaktivität ist Ausdruck einer breitflächig und synchron stattfindenden Aktivierung großer Neuronenpopulationen (Williamson et al. 1997). Die Synchronisation geht beim Öffnen der Augen verloren. Alpha-Wellen werden durch höherfrequente Betawellen ersetzt (Desynchronisation). Dies ist als Berger Effekt bekannt. Die Betawellen befinden sich im Bereich von 13 bis 30 Herz und sind ein Hinweis auf ein erhöhtes zerebrales Aktivitätsniveau (Birbaumer und Schmidt 2010d). Die Desynchronisation von Alphawellen wird durch kognitive Belastung ausgelöst. Sie geht einher mit der Ansteuerung bestimmter kortikaler Areale, die in die Verarbeitung sensorischer und mentaler Aufgaben eingebunden werden sollen (Williamson et al. 1997, Pfurtscheller und Lopes da Silva 1999). Weiterhin ist die Abnahme der spektralen Leistungsdichte (Suppression) von

Alphawellen mit der Anstrengung und der Aufgabenschwere verbunden (Hanslmayr et al. 2005, Hogervorst et al. 2014, Stipacek et al. 2003). Darüber hinaus konnten Alphawellensuppressionen während einer Ruhephase auch bei Personen mit Tinnitus und einer Hörschädigung gezeigt werden. Die Autoren vermuteten, dass die Alphawellensuppression mit dem subjektiven Stressgefühl der Tinnitus-Patienten, aber auch mit der mangelhaften sensorischen Verarbeitung durch die Hörschädigung zusammenhängen könnte (Weisz et al. 2005). Die Frequenz und die spektrale Leistungsdichte im Peak der Alphawellen im Leistungsspektrum (PSD) wurden in dieser Arbeit als zentrale Parameter zur Erkennung der kognitiven Belastung verwendet.

Zum besseren Verständnis der im EEG und MEG darstellbaren kortikalen Aktivität wird eine kurze Erläuterung der beiden Messmethoden gegeben.

Im EEG und MEG werden Erregungen der Hirnrinde durch die Ableitung elektrischer Spannungs- und magnetischer Feldstärkeänderungen des Kortex gemessen. Grundlage der elektrischen und magnetischen Aktivität sind aufsummierte postsynaptische Potentiale hirnrindennaher Pyramidenzellendendriten. Es müssen viele benachbarte Neurone synchron erregt werden, um ein messbares Signal an der Kortexoberfläche zu erzeugen. Das EEG kann durch die Messung des extrazellulären Stromflusses vor allem die Aktivität vertikaler Hirnstrukturen erfassen. Die magnetische Feldstärke im MEG wiederum beruht auf dem Stromfluss in der Zelle. Darum lässt sich vorwiegend die Aktivität tangential zur Kortexoberfläche liegender Hirnstrukturen (v.a. Strukturen in den Hirnfurchen) erfassen. Durch die Kombination beider Techniken addieren sich die Effekte beider Verfahren. Im EEG werden die Spannungsänderungen mithilfe von Elektroden gemessen. Die Elektroden sind häufig in EEG-Hauben eingearbeitet. Über einen empfindlichen EEG-Verstärker werden die Spannungsänderungen registriert, vorverarbeitet (Tief- und Hochpassfilterung) und digital an einen PC weitergeleitet. Das MEG arbeitet mit Induktionsspulen und hochsensitiven supraleitenden Sensoren (SQUIDs), um die an der Kortexoberfläche nur schwach ausgeprägten Magnetfeldflüsse aufzunehmen und weiterzuleiten. Die SQUIDs sind in einen Kryostaten eingebaut und müssen, um ihre supraleitenden Funktionen beizubehalten, mit flüssigem Helium gekühlt werden (-269 Grad). Zur

Vermeidung magnetischer Störflüsse sind MEG-Geräte in einem magnetisch abgeschirmten Raum untergebracht. Untersucher und Proband müssen bei Betreten der Kammer auf metallfreie Kleidung achten. Die Untersuchung erfolgt im Sitzen oder Liegen, wobei der Kopf in einen Helm gelegt wird (Birbaumer und Schmidt 2010d, vgl. Karnath und Thier 2012).

2.2.5 Messung der Verhaltensparameter als Marker der Aufgabenschwere

Die Verhaltensparameter liefern Hinweise über die Aufgabenschwierigkeit (Brouwer et al. 2014). In mehreren Studien konnte demonstriert werden, dass ältere Schwerhörige in Sprachaufgaben schlecht abschneiden. So reagieren Schwerhörige langsamer und sind schlechter in der Spracherkennung als normalhörige Kontrollen (Seldran et al. 2011, Stewart und Wingfield 2009, Tun et al. 2010). Stewart und Wingfield (2009) sehen die schlechtere Leistung als Begleiteffekt einer erhöhten kognitiven Beanspruchung, die durch die stärkere Höranstrengung beeinflusst wurde. In dieser Arbeit sollen die Verhaltensparameter zur Darstellung der Leistung beider Gruppen dienen. Darüber hinaus könnten sie in Anlehnung an die Studie von Stewart und Wingfield (2009) Aufschluss über die mentale Anstrengung und Beanspruchung geben und einhergehend damit Rückschlüsse über das Stresslevel zulassen.

3. Ziele der Arbeit

Mit dieser Studie sollte nachgewiesen werden, dass Personen mit Hörverlust mehr Stress bei der Unterscheidung akustischer Reize erfahren als normalhörige Kontrollpersonen. Die Studie knüpfte dabei an eine Reihe von Vorarbeiten an, die sich mit der vorwiegend zentralen Verarbeitung akustischer Stimuli insbesondere bei schwerhörigen Berufsmusikern und schwerhörigen Industriearbeitern befassten (Emmerich et al. 2008, Engelmann 2012, Gentsch 2010, Günther 2015, Rohmann 2012).

Neue Aspekte, mit denen sich diese Studie beschäftigte, waren die Erfassung der kognitiven Belastung und die Auswirkungen akustischer Reizung auf das Herz-Kreislauf-System bei Personen mit und ohne Hörschädigung.

Zur Nachweiserhebung sollte ein geeignetes Paradigma erarbeitet werden, das als Modell für weitere Studien dienen sollte. Am Ende sollten neben der Erstellung eines Paradigmas folgende Hypothesen überprüft werden:

1. Probanden mit einer Hörschädigung erleben eine höhere Anspannung und Weckreaktion bei der Differenzierung akustischer Reize, welches sich in der Veränderung peripher-physiologischer und endokriner Stressmarker niederschlägt. Die höhere Anspannung führt zu einer Zunahme von Herzfrequenz, Atemfrequenz und Cortisolspiegel sowie zu einer Verringerung der Herzfrequenzvariabilität (Rmssd) und der Sauerstoffsättigung.
2. Probanden mit einer Hörschädigung sind bei der Bearbeitung akustischer Aufgaben einer höheren kognitiven Last ausgesetzt als Probanden der Kontrollgruppe. Dies spiegelt sich in einer im Vergleich zur Kontrollgruppe sichtbaren höheren Frequenz und niedrigeren spektralen Leistungsdichte (PSD) im Peak des Leistungsspektrums von Alphawellen wider.
3. Die erhöhte kognitive Last und Anstrengung wirkt sich auf das Verhalten der leicht Schwerhörigen aus. Es resultieren langsamere Reaktionszeiten, höhere Fehlerraten sowie mehr verpasste Antworten.

4. Methodik

4.1 Entwicklung der Methode

Das Paradigma der akustischen Untersuchung sollte sich zur Erhebung peripherer Stressreaktionen, kognitiver Beanspruchung und Anstrengung sowie zur Erkennung der akustischen Reizweiterleitung eignen. Daher wurde sich für ein Paradigma mit reinen Sinustönen entschieden. Studien, die den Nachweis zentraler Veränderungen zum Ziel hatten, wendeten reine Töne zur akustischen Stimulation an (Kramer et al. 2006, Schmithorst et al. 2005, Zhang et al. 2006). Auch am Institut für Physiologie I des Universitätsklinikums Jena und am Biomagnetischen Zentrum der Hans Berger Klinik für Neurologie der Universitätsklinik Jena wurden Erfahrungen mit reinen Tönen bzw. Akkorden zur akustischen Stimulation gesammelt (Engelmann 2012, Gentsch 2010, Steenbeck 2002). In Testuntersuchungen zur Methodenentwicklung erwiesen sich weiterhin Sinustöne als geeignet zur Messung von Stress bei akustischen Experimenten. Eine weitere Frage war, ob die akustische Aufgabe eine „Oddball“ oder „one-back“ Aufgabe sein sollte. In den Testuntersuchungen erwies sich die „one-back“ Aufgabe als geeigneter zur Erkennung von hörassozierten Stressreaktionen. Da zur Erkennung von Tonunterschieden ein für alle Probanden hörbarer Frequenzunterschied Voraussetzung ist, wurde zusätzlich ein akustisches Szenario zur Erfassung der individuellen Frequenzunterschiedsschwelle erstellt. Anhand der Frequenzunterschiedsschwelle wurde dann ein geeigneter, für alle Teilnehmer hörbarer, Frequenzabstand festgelegt. Dieser wurde im Hauptversuch verwendet. Weiterhin sollten die Testbedingungen für alle Probanden gleich schwer sein. Dafür wurde ein adaptives „one-back“-Szenario erstellt. Das adaptive Szenario beinhaltete unterschiedlich große Frequenzabstände, die sich abhängig von der gezeigten Leistung veränderten. Da das Hören bei Hintergrundgeräuschen erschwert ist und Hintergrundgeräusche häufig im Alltag vorhanden sind, wurde zudem ein verrauschtes Szenario erzeugt. Das verrauschte Szenario verfügte neben dem Erkennungston über ein leicht abgeschwächtes Hintergrundrauschen. Dies sollte einem natürlichen Umgebungsrauschen des Alltags nachempfunden sein und die damit verbundenen Stress- und Belastungsreaktionen bei Erkennung akustischer

Information aus Hintergrundgeräuschen testen. Um ein Bild über den Anstieg der ausgelösten Stress- und Belastungsreaktionen zu erhalten, wurden zusätzlich Ruhephasen eingebaut, die vor und nach dem Experiment sowie zwischen den Höraufgaben abliefen. Die Ruhephasen sollten die Ausgangswerte der Parameter aufnehmen sowie die Erholung zwischen den Aufgaben widerspiegeln.

Die zu anfangs erwähnte Aufzeichnung und Lokalisation der akustischen Reizweiterleitung ist noch nicht vollständig ausgewertet und wurde daher in dieser Arbeit nicht mit beschrieben.

4.2 Stichprobe

Insgesamt wurden 34 junge gesunde Probanden im Alter von 20 bis 30 Jahren eingeschlossen, die in eine Gruppe ohne und eine Gruppe mit Hörschädigung eingeteilt wurden. Die Gruppenzuordnung richtete sich nach dem Audiometrie-Ergebnis, das in einem Vorversuch von geschultem Personal durchgeführt wurde. Einschlusskriterien für die Gruppe der jungen Gesunden mit Hörschädigung umfassten eine im 4 kHz Bereich liegende uni- oder bilaterale Hörsenke von mindestens 20 Dezibel. Die Studienteilnehmer der Kontrollgruppe sollten eine im gleichen Frequenzbereich liegende beidseitige Hörsenke von maximal 10 Dezibel aufweisen. Ausschlusskriterien stellten das Tragen ferromagnetischer Gegenstände im oder am Körper dar. Außerdem sollte die Anamnese frei von schweren Erkrankungen des Nervensystems, Stoffwechsels oder des Herz-Kreislauf-Systems sein. In beiden Gruppen wurde zudem auf einen Geschlechterausgleich sowie auf ein Gleichgewicht möglicher Störfaktoren wie sportliche Fitness, Rauchen und Musikalität geachtet. Zwei der Probanden mit Hörminderung trugen Hörgeräte, die zu den Experimenten abgesetzt wurden. Alle Teilnehmer wurden vor Studienbeginn schriftlich und mündlich aufgeklärt. Die Studie erhielt zudem die Zustimmung der örtlichen Ethikkommission.

In Tabelle 1 wird ein Überblick über die Anamnese der Stichproben gegeben

Tabelle 1
Anamnese der Stichprobe mit statistischen Kennwerten

Gruppe	leicht Schwerhörig	Normalhörig
Anzahl	15 (100%)	19 (100%)
Männlich	8 (53%)	10 (53%)
Weiblich	7 (47%)	9 (47%)
Alter [Jahre]	27.1 ± 3.2	27.6 ± 2.5
Größe [cm]	175.5 ± 8.3	173.3 ± 8.6
Gewicht [kg]	71.4 ± 14.6	70.4 ± 12.1
Musik (bspw. singen, Instrument spielen)	11 (73%)	11 (58%)
Sport		
regelmäßig	9 (60%)	9 (47%)
unregelmäßig	6 (40%)	10 (53%)
Nikotinabusus	4 (27%)	5 (26%)
Erkrankung (Herz-Kreislauf, neurologisch...)	0	0
Schwerhörigkeit		
links	6 (40%)	
rechts	2 (13%)	
beidseits	7 (47%)	
Beginn der Schwerhörigkeit		
Geburt/Kindheit	5 (33%)	
Jugend/junger Erwachsener	8 (53%)	
unklar	2 (13%)	
Ursache der Schwerhörigkeit	Hörsturz, Knalltrauma, häufige Diskothekenbesuche, unbekannt	

Die Teilnehmer erhielten eine finanzielle Aufwandsentschädigung, die sich abhängig vom Grad des Testerfolges um maximal 10 Euro erhöhen konnte. Hierzu wurde ein prozentualer Wert aus dem Verhältnis der im Hauptversuch verpassten Antworten zu der Summe aus den Fehlern und verpassten Antworten gebildet. Dieser Prozentsatz wurde von den 10 Euro subtrahiert und die Differenz zur Aufwandsentschädigung hinzugefügt. Dies sollte gewährleisten, dass sich alle Probanden gleich stark anstrebten.

4.3 Versuchsaufbau

Die Studie gliederte sich in zwei Vorversuche und einen Hauptversuch, die an zwei verschiedenen Tagen im Biomagnetischen Zentrum der Universitätsklinik Jena stattfanden.

4.3.1 Vorversuche

In den Vorversuchen wurde die Anamnese erhoben und die Hörschwellen der Probanden bestimmt. Beides diente zur Überprüfung der Einschlusskriterien und Realisierung einer Gruppenzuordnung. Zudem wurden von allen Probanden die Frequenzunterschiedsschwellen bestimmt. Aus diesen wurden die im Hauptversuch verwendeten Tonunterschiede festgelegt.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Vorversuchsschritte ausführlicher erläutert.

Hörschwelle

Es wurde von jedem Probanden die beidseitige Hörschwelle mit einer Reintonaudiometrie ermittelt. Dafür wurde das "Klinisch-Diagnostische Audiometer MA22" der Firma Grahnert Präcitronic GmbH Dresden (Auflage 03/98) verwendet. Die Untersuchung wurde in einem schallarmen Raum und gemäß der Richtlinie ISO 6189 (DIN EN 26189) durchgeführt, wobei das Verfahren mit Eingabelung eingesetzt wurde. Hierbei werden in wiederholten Serien ansteigender und absteigender Hörpegel mehrere Schwellenwerte einer Frequenz bestimmt und anschließend gemittelt. Dabei wurde nur die Luftleitung berücksichtigt, die Knochenleitung wurde nicht erfasst.

Frequenzunterschiedsschwelle

Im Anschluss an die Hörschwellentestung wurde die Fähigkeit zur Frequenzdiskrimination anhand eines Diskriminationsschwellenexperimentes getestet. Der Diskriminationsschwellen-Versuch bestand aus einem ca. 14-minütigem akustischen Part (Höraufgabe) mit davor und danach geschalteten 3-minütigen Ruhephasen. Im akustischen Part wurde den Probanden eine Serie von 256 verschieden hohen Tonpaaren präsentiert. Die Aufgabe war es die Töne

eines jeden Tonpaares miteinander zu vergleichen und per Knopfdruck zu entscheiden, ob der zweite Ton höher oder tiefer war als der erste. Dabei sollten die Versuchsteilnehmer nur auf diejenigen Tonunterschiede reagieren, die sie sicher unterscheiden konnten. Andernfalls sollte keine Antwort gegeben werden. Während des Versuches wurden peripher-physiologische Parameter wie Herzfrequenz und Sauerstoffsättigung (1. Hypothese) zur Erkennung einer Stressreaktion sowie Verhaltensparameter wie Fehlerraten (richtige, falsche und verpasste Antworten) und Reaktionszeiten erhoben (3. Hypothese).

Der Test fand in einem schallarmen Raum im Sitzen statt. Die Probanden wurden zunächst in den Versuch eingewiesen. Sie wurden gebeten während des gesamten Versuches die Augen geschlossen zu halten und Bewegungen zu vermeiden. Es wurde ihnen mitgeteilt, dass sie durch Sprachansagen, die automatisch abliefen, durch den Versuch geleitet werden würden. Nach der Instruktion folgte die Verkabelung des Probanden. Es wurden ein EKG, mittels zweier am Brustkorb angebrachter Elektroden, die Sauerstoffsättigung (Nonin 7500, Nonin Medical Inc., Plymouth, MN, U.S.A.) mittels Fingersensor und die Atmung über einen nasalen Atemflusssensor (V-440032/ Care Fusion Germany 234 GmbH, Höchberg, Deutschland) aufgenommen. Zur Aufzeichnung der EKG- und Atmungsdaten wurde das System „Brain Amp“ der Firma Brain Products GmbH, Gilching, Deutschland verwendet. Nach Anbringen der Messsensoren und der Kopfhörer folgte ein erster Probeversuch von ca. einer Minute zum Einhören. Danach begann der eigentliche Versuch.

Zur Erzeugung der akustischen Stimuli wurde die Software “Presentation” der Firma Neurobehavioral Systems, Inc. Berkely, CA., USA verwendet. Es wurden 200 ms lange Sinustöne inklusive 20 ms Rampe erzeugt, die im Frequenzbereich von 3950 bis 4050 Hz lagen. Die Zeit zwischen den Tonpaaren betrug 1240 ms und das Interstimulusintervall 800 ms. Die Töne wurden mit einer Lautstärke von 65 dB appliziert. Vor jedem Versuch wurde mit einem Lautstärkepegelmesser (Greisinger Electronic GmbH, Regenstauf, Deutschland) die Lautstärkeausgabe überprüft. Der Frequenzunterschied zwischen dem ersten und zweiten Ton eines Tonpaares variierte zwischen 0 (keine Tondifferenz) und 60 Hz bei den jungen Gesunden ohne Hörschaden und 110 Hz bei den leicht Schwerhörigen. Bei den

jungen Gesunden wurden die Frequenzunterschiede bis 12 Hz in 1.5 Hz Schritten angehoben und danach in 3 Hz Schritten. Bei den leicht Schwerhörigen veränderten sich die Tonunterschiede anfänglich um 3 Hz. Ab 45 Hz stiegen sie bis 70 Hz in 5 Hz Schritten und danach in 10 Hz Schritten. Insgesamt ergaben sich dadurch 25 Frequenzkategorien pro Gruppe, die in zufälliger Reihe abgespielt wurden (s. Tab. 2). Die Anpassung der Frequenzabstände in der Gruppe der jungen Gesunden mit Schwerhörigkeit erfolgte aufgrund ihrer verringerten Ton-Diskriminationsfähigkeit. Außerdem sollte eine Begünstigung der Hörgesunden vermieden werden.

Tabelle 2

Frequenzabstände im Ton-Diskriminationsschwellenversuch

Gruppe	Änderung des Frequenzabstandes	Frequenzabstand zwischen den Tönen [Hz]
Normalhörig	von 0-12 Hz in 1.5 Hz-Schritten	0; 1.5; 3; ... 12
	von 12-60 Hz in 3 Hz-Schritten	12; 15; 18; ... 60
leicht Schwerhörig	von 0-45 Hz in 3 Hz-Schritten	0; 3; 6; ... 45
	von 45-70 Hz in 5 Hz-Schritten	45; 50; 55; ... 70
	von 70-110 Hz in 10 Hz-Schritten	70; 80; 90; ... 110

Die Untersuchten wurden anfänglich auf beiden Ohren akustisch stimuliert. Später wurde das Studienprotokoll dahingehend verändert, dass die Studienteilnehmer nur unilateral akustisch gereizt wurden. Bei den jungen Gesunden wurde das bessere Ohr stimuliert, bei den jungen Gesunden mit leichter Hörschädigung das schlechtere Ohr. In das nicht stimulierte Ohr wurde ein Ohrstöpsel aus Schaumstoff gelegt. Zur Stimulation wurde das In-Ohr Stimulationssystem TIP-300 (Nicolet, Madison, WI, USA), bestehend aus einem piezokeramischen Schallwandler und Einweg-Ohrstöpseln aus Schaumstoff, verwendet.

4.3.2 Hauptversuch

Am zweiten Versuchstag wurden während eines akustischen Experimentes die Hirnaktivität und das Stressausmaß der Studienteilnehmer beobachtet. Dafür wurden MEG und EEG mithilfe des 306-Kanal Neuromag Vectorview Ganzkopf-MEG-Systems (Firma Elekta Neuromag Oy, Helsinki, Finnland) abgeleitet und

Parameter, die die Stressbelastung anzeigen, erhoben. Aus den MEG- und EEG-Daten wurden zentrale Parameter wie Frequenz und spektrale Leistungsdichte im Peak der Alphawellen im Leistungsspektrum erhoben. Dadurch konnte die kognitive Belastung und Anstrengung während des Hörexperimentes evaluiert werden (2. Hypothese). Wichtige periphere Belastungs- und Stressparameter stellten Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität, Atemfrequenz, Sauerstoffsättigung und Cortisol im Speichel dar, durch die eine körperliche Stressreaktion während Bearbeitung des Experimentes beurteilt wurde (1. Hypothese). Außerdem wurden zur Beurteilung des Verhaltens Parameter wie Antwortraten und Reaktionszeiten erhoben (3. Hypothese).

Das Experiment fand aufgrund der MEG-Aufzeichnung in einem magnetisch abgeschirmten Raum statt. Das gesamte Experiment bestand aus vier Hörversuchen. Ein einzelner Versuch erstreckte sich über 12 Minuten und setzte sich aus einer Ruhephase (5 Minuten) und einer aktiven Höraufgabe (7 Minuten) zusammen. Die Aufgaben waren nach einem „one-back“-task aufgebaut. In einer Reihe von Tönen musste jeder Ton mit dem vorherigen Ton verglichen werden. Per Knopfdruck sollte signalisiert werden, ob der aktuelle Ton höher oder tiefer als der vorherige Ton gewesen ist (s. Abb. 1). Dabei sollte so schnell wie möglich reagiert werden. Es gab keine Rückmeldung über die Richtigkeit der Antwort.

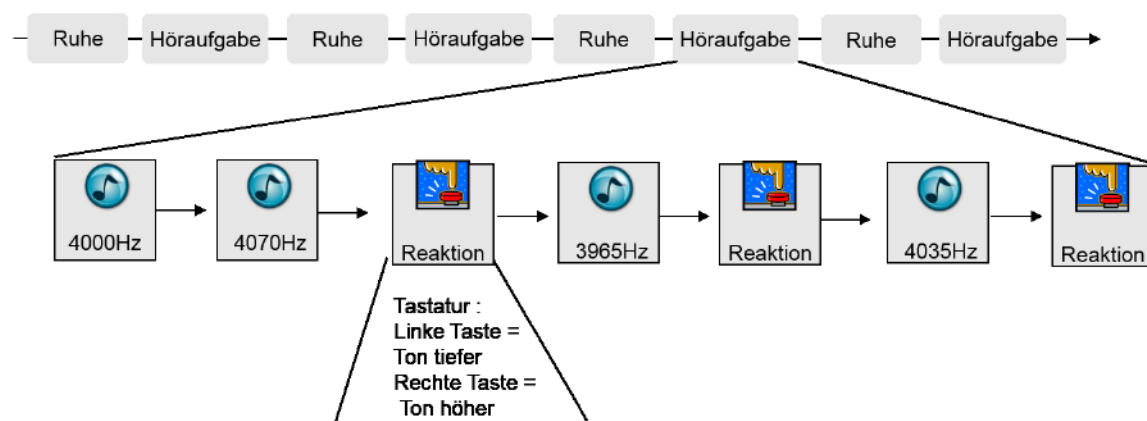


Abbildung 1. Ablauf des Hauptversuchs mit Darstellung des „one-back“-task.

Vor Versuchsbeginn erhielt jeder Proband eine schriftliche und mündliche Aufklärung. Anschließend folgte die Anlegung einer 60-Kanal EEG-Haube, der Elektroden für das horizontale und vertikale EOG und eines Ein-Kanal EKGs.

EEG-, EOG-, EKG- und zusätzliche Kanäle (bspw. zur Aufnahme der AF) waren im Ganzkopf-MEG-System integriert. Nach Anbringen aller Elektroden wurden die Aufgaben erklärt und der Proband wurde gebeten eine Speichelprobe abzugeben. Weiterhin wurden alle Positionen für die Spulen, Elektroden und anatomischen Landmarken digital markiert und der Proband wurde in die MEG-Kammer geführt. Hier wurden ein Atemflusssensor und der SpO2-Sensor angelegt und die Leitfähigkeiten der EEG-Elektroden geprüft. Jeder Teilnehmer durfte außerdem einen Probeversuch durchlaufen zur Höreingewöhnung. Zum Schluss der Vorbereitungen wurde noch die Kopfposition im MEG-Helm bestimmt, die auch während des Experimentes mehrmals kontrolliert wurde. Danach konnte das Experiment beginnen. Es folgten nacheinander vier Messaufzeichnungen, die alle mit einer 5-minütigen Ruhephase begannen. Während des gesamten Experimentes wurden die Probanden per aufgenommener Sprachkommandos durch den Versuch geleitet. Nach Beendigung der letzten Höraufgabe wurde erneut eine Speichelprobe abgegeben und das Experiment war beendet. Zur Vermeidung von Störfaktoren wurden die Probanden gebeten bis eine Stunde vor Experiment keine Nahrung zu sich zu nehmen. Klare Flüssigkeiten konnten konsumiert werden. Außerdem sollte der Proband am Tag des Experimentes auf Rauchen und Kaffeekonsum verzichten. Alle Probanden gaben zum Zeitpunkt des Experimentes an unter keiner emotionaler oder psychischer Belastung zu leiden.

Zur akustischen Stimulation wurden mit der Software „Presentation“ 50 ms lange Sinustöne (inklusive 5 ms Rampe) unterschiedlicher Frequenzen erzeugt. Alle Töne lagen im 4 kHz Bereich. Die Töne wurden per Zufall und mit variablem Interstimulusintervall (900-1400 ms) abgespielt. Um den Einfluss von Umgebungsrauschen und Schwierigkeitsgrad auf das Hörvermögen und die Stressreaktionen zu untersuchen, wurden die Faktoren Hintergrundrauschen und adaptiver Modus hinzugefügt. So entstanden vier verschiedene Szenarien (s. Abb. 2). Diese wurden in ihrer Abfolge randomisiert und zufällig auf die Probanden verteilt.

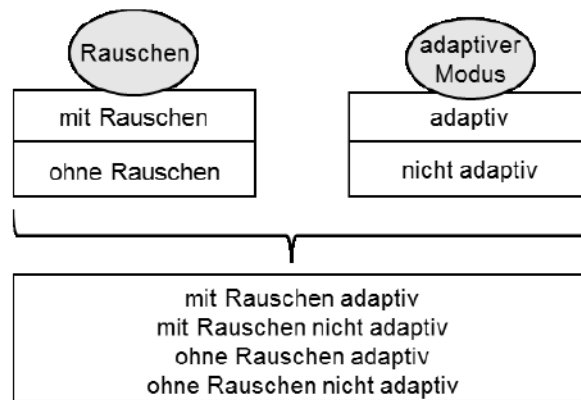


Abbildung 2. Darstellung der vier verschiedenen Hör Szenarien.

Der adaptive Modus bestand aus 15 Schwierigkeitsgraden, die sich durch unterschiedlich große Frequenzabstände zwischen den Tönen auszeichneten. Grundlage der gewählten Frequenzabstände bildeten die Ergebnisse der Diskriminationsschwellenuntersuchung. Jede adaptive Aufgabe startete bei Schwierigkeitsgrad 7 (von insgesamt 15 Schwierigkeitsgraden) mit einem Frequenzunterschied von 63 Hz und veränderte sich pro Level um 7 Hz. Die Anpassung der Schwierigkeitsstufen erfolgte automatisch nach der Trefferquote der letzten 5 Töne. Waren mehr als drei falsch, vereinfachte sich der Schwierigkeitsgrad um einen Level und umgekehrt. Der höchste Schwierigkeitsgrad (15) enthielt einen Frequenzunterschied von 7 Hz und der einfachste (1) einen Frequenzabstand von 105 Hz. Durch diese Berücksichtigung der individuellen Hörleistung sollte ein ungerechter Hörvorteil von Personen mit besserem Unterscheidungsvermögen vermieden werden. Der nicht-adaptive Modus beinhaltete einen festgelegten Frequenzunterschied von 63 Hz, der sich nicht änderte. Das Hintergrundrauschen bestand aus einem „pink noise“, bei dem, ähnlich eines natürlichen Umgebungsrauschens, die tiefen Töne stärker gewichtet sind. Rauschen und Ton wurden auf dem gleichen Ohr appliziert. Der Ton wurde mit einer Lautstärke von 65 dB und das Rauschen mit 55 dB appliziert. Auf dem anderen Ohr wurden Ton und Rauschen unterdrückt. Zur akustischen Reizdarbietung wurde das In-Ohr Stimulationssystem TIP-300 (Nicolet, Madison, WI, USA) verwendet. Zur Kontrolle der Lautstärke kam vor jeder Messung ein Lautstärkepegelmesser zum Einsatz.

4.4 Datenauswertung

4.4.1 Auswertung der Hör- und Frequenzunterschiedsschwelle

Zur Auswertung der Hörschwellen wurden bei allen Teilnehmern die beidseitigen Schwellenwerte der an- und absteigenden Pegel einer jeden Prüffrequenz gemittelt. Weiterhin wurden für die statistische Auswertung die Mittelwerte im zu untersuchenden Frequenzbereich von 3 und 4 kHz gebildet. Es wurden nur die Mittelwerte des besseren (bei den Normalhörigen) bzw. schlechteren Ohres (bei den leicht Schwerhörigen) verwendet.

Für die Bestimmung der Frequenzunterschiedsschwelle wurde die Fehleranzahl in jeder der 25 Frequenzkategorien erhoben und der Verlauf mittels angepasster Sigmoidalfunktionen beschrieben. Der Wendepunkt der passendsten Sigmoidalfunktion (best fit) wurde als Diskriminationsschwellenwert (center) definiert (s. Abb. 3).

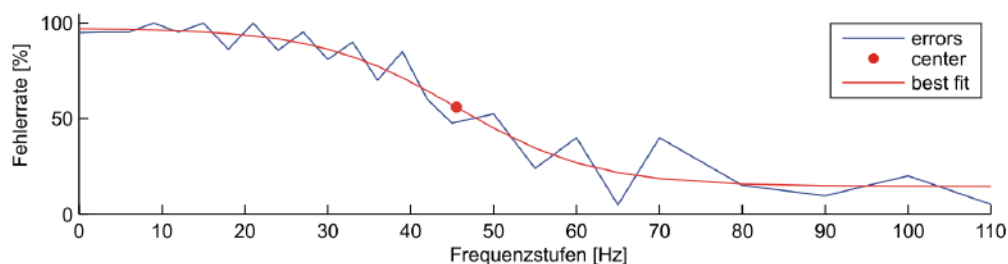


Abbildung 3. Darstellung der Bestimmung der Frequenzunterschiedsschwelle.

4.4.2 Auswertung peripher-physiologischer Parameter

EKG und Atmung wurden mit einer Abtastrate von 1 kHz aufgezeichnet. Die Daten wurden mit dem Programm MATLAB (The MathWorks, Inc., Natick, MA, U.S.A.) ausgewertet. Die EKG-Daten wurden mit einem Bandpass von 0.3 bis 330 Hz gefiltert. Zur Auszählung der Herzfrequenz wurden die ersten zehn Herzschläge gemittelt und der Mittelwert als Muster zur Erkennung aller folgenden Herzschläge verwendet. Das Atemsignal wurde von 0.1 bis 0.9 Hz bandpassgefiltert. Atemzyklen wurden durch Messung der Amplitudenspitzen erkannt.

Neben der Herzfrequenz wurden Parameter der Herzfrequenzvariabilität erfasst. Diese wurden mittels MATLAB-Skripten aus den NN Intervallen des EKG-Signals

berechnet (s. Grundlagen). Darunter befand sich der zeitbezogene Wert Rmssd. In den Ergebnissen wurde die alleinige Verwendung des Rmssd-Wertes in der Auswertung bevorzugt.

Als endokriner Stressmarker wurde die Cortisol-Konzentration erfasst. Zur Umgehung eines invasiven Eingriffes (Blutabnahme) wurde die Konzentration des Cortisols im Speichel bestimmt. Die Speichelproben wurden in Eppendorf-Tuben abgenommen, markiert und nach Versuchsablauf bei -20 Grad bis zur Cortisol-Auswertung kühl gelagert. Für die Auswertung der Cortisolproben wurde der Enzymimmunoassay DetectX der Firma Arbor Assay nach Testanleitung verwendet. In dem DetectX-Test binden spezifische Antikörper an das Cortisol der Proben (Probandenproben und mitgelieferte Standardproben). Die antikörpergebundenen Cortisolproben wurden mit einem Cortisol-Peroxidase-Konjugat enzymatisch markiert. Über ein am Ende hinzugefügtes Substrat entstand eine Farbreaktion, die bei 450nm ausgelesen wurde. Die entstandene Farbreaktion verhielt sich indirekt proportional zu den Cortisol-Konzentrationen der Proben. Aus den mitgelieferten Standardproben wurde eine Standardkurve erzeugt, von der die Cortisolwerte abgelesen wurden.

4.4.3 Auswertung zentraler Parameter

Die MEG- und EEG-Daten wurden mit einer Abtastrate von 1 kHz aufgezeichnet und mit einem Bandpassfilter von 0.3 bis 45 Hz gefiltert. Signale von mehr als 3000 Femtotesla Amplitude wurden als Artefakte markiert und von der Analyse ausgeschlossen. Zur Weiterverarbeitung der MEG- und EEG-Messdaten wurde der Maxwell-Filter (Software Version 2.0.21) der Firma Elekta Neuromag, Oy Finnland genutzt. Er ermöglicht eine Bereinigung der Rohdaten von magnetischen Störquellen (zum Beispiel Aufnahmeartefakte, Störungen durch metallische Gegenstände), die außerhalb der MEG-Sensoren liegen. Zusätzlich hilft eine Kopf-Bewegungs-Korrektur-Funktion Störungen, die durch Bewegungen entstanden sind, zu kompensieren.

Als Korrelat der kognitiven Belastung wurde der Alpha-Rhythmus anhand der Frequenzbandverteilung und der spektralen Leistungsdichte (PSD) im EEG und MEG untersucht. Die Frequenzanalyse erfolgte mithilfe des Matlab-Programmes.

Dafür wurde zuerst eine Datenzerlegung und Komponentenbereinigung durch eine „Independent component analysis“ (ICA) vorgenommen. Dies geschah um die Daten von Störquellen (biologische Artefakte) zu bereinigen. Anschließend folgte die Frequenzanalyse mit dem Ziel, Leistungsdichte und Grundfrequenz im Peak des Alphabandes während der Ruhe- und Aufgabenphase in beiden Gruppen zu erfassen (s. Abb. 4). Die Werte wurden pro Gruppe und Bedingung gemittelt.

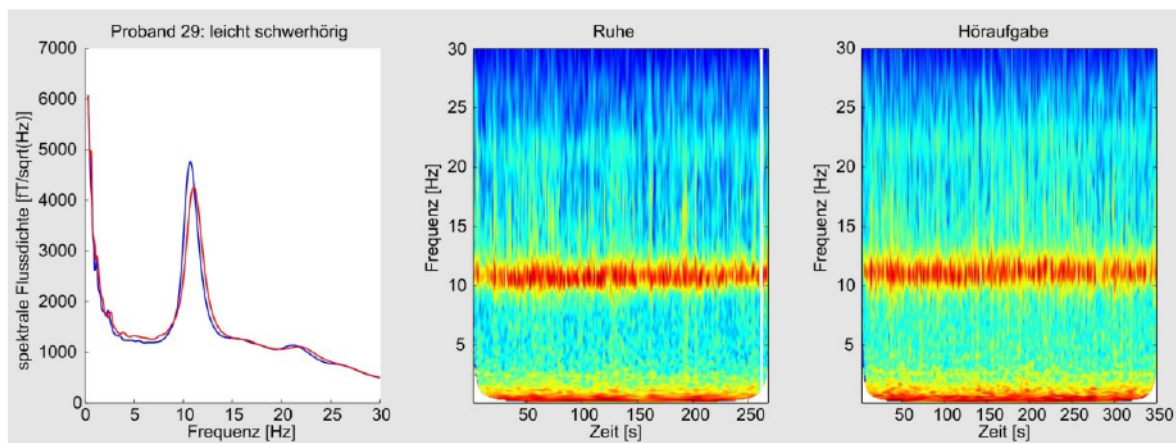


Abbildung 4. Frequenz und spektrale Leistungsdichte im Peak der Alphawellen im Leistungsspektrum bei einem leicht schwerhörigen Probanden.

Man erkennt ein Maximum bei etwa 11 Hz und eine Erhöhung der Frequenz der Alphawellen bei gleichzeitiger Abnahme der Amplitude von der Ruhephase zur Höraufgabenphase.

4.4.4 Auswertung der Verhaltensparameter

Alle Verhaltensparameter (Fehlerraten, verpasste Antworten, Reaktionszeiten) wurden in Logdateien gespeichert und mithilfe von Matlab-Skripten ausgewertet und graphisch dargestellt. Es wurden statistische Kenngrößen (Mittelwert, Median, Standardabweichung, Standardfehler) pro Person und Versuch erhoben.

4.5 Statistische Methoden

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Statistikprogramm SPSS Version 22 für Microsoft Windows (IBM). Zur Darstellung deskriptiver Werte und den Werteverteilungen wurden Boxplots erzeugt. Fehlende Werte fließen nicht mit

in die Berechnungen ein. Einzelne Ausreißer, die auf mangelnde Qualität während der Datenerhebung oder Artefakte (Bewegungen, elektronische Störungen) zurückzuführen waren, wurden ausgeschlossen.

Beide Versuche, sowohl der Diskriminationsschwellenversuch als auch der Hauptversuch, basierten vorwiegend auf einem 2x2 Statistikdesign mit den jeweils 2-fach gestuften Faktoren Gruppe (Normalhörig/leicht Schwerhörig) und Bedingung (Ruhe/Höraufgabe). Bei dem Faktor Gruppe handelte es um ein „between-subject“-Faktor und beim Faktor Bedingung um ein „within-subject“-Faktor. Wenn angenommen wurde, dass neben der Bedingung und der Gruppe auch die Aufgaben einen wesentlichen Einfluss auf die abhängige Variable ausübten, dann wurde das 2x2 Design auf ein 2x2x4 Design mit den 2-fach gestuften Faktoren Gruppe und Bedingung sowie dem 4-fach gestuften Faktor Aufgabe erweitert. Beim Faktor Aufgabe handelte es sich um einen „within-subject“ Faktor. Es wurde sowohl auf einen Effekt zwischen der Kontroll- und der Beobachtungsgruppe (Haupteffekt des Faktors Gruppe) als auch auf einen Effekt zwischen der Ruhe- und der Aufgabenphase (Haupteffekt des Faktors Bedingung) getestet. Weiterhin wurde geprüft, ob es zwischen den 2-fach gestuften Faktoren Gruppe und Bedingung Wechselwirkungen gab (Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung). Gab es Wechselwirkungen wurden Post-Hoc-Tests mit Bonferroni Korrektur angewendet. Sofern der Faktor Aufgabe mit einbezogen wurde, interessierte auch hier, ob signifikante Unterschiede zwischen den Faktorstufen vorlagen (Haupteffekt des Faktors Aufgabe) und, ob es Wechselwirkungen zwischen den Faktorstufen Gruppe, Bedingung und Aufgaben gab (Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung*Aufgabe).

Als statistische Modelle für die oben genannten Designs standen die mehrfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung und die generalisierte Schätzgleichung (GEE) zur Auswahl. Die Entscheidung fiel auf die generalisierte Schätzgleichung. Diese Methode eignet sich analog zur ANOVA vor allem für Studien mit Messwiederholungen. Ein Vorteil zur ANOVA ist, dass keine Normalverteilung und Varianzhomogenität vorliegen muss. Außerdem werden im Gegensatz zur ANOVA Abhängigkeiten zwischen den wiederholten Beobachtungen angenommen, die in Form einer wählbaren

Arbeitskorrelationsmatrix dargestellt werden. Aufgrund einer sehr robusten Schätzmethode muss die gewählte Arbeitskorrelationsmatrix nicht zwingend zutreffen. Es resultieren trotzdem stimmige Parameterschätzungen und Standardfehler (Baltes-Götz 2016, Burton et al. 1998, Zeger und Liang 1986).

In der Methode der generalisierten Schätzgleichung werden auf Basis eines linearen Regressionsmodells Korrelationsparameter geschätzt, die die Abhängigkeiten zwischen den Beobachtungen eines Individuums wiedergeben. Mithilfe einer Arbeitskorrelationsmatrix wird die Größe der geschätzten Korrelation berücksichtigt und das Regressionsmodell wiederholt angepasst. In der vorliegenden Arbeit wurde ausschließlich die unstrukturierte Arbeitskorrelationsmatrix verwendet, in der keinerlei Annahme über die Richtung und Größe der Korrelation getroffen wird und daher für jedes Paar aller Messzeitpunkte eine eigene Korrelation geschätzt werden kann (Zeger und Liang 1986, Burton et al. 1998, Hanley et al. 2003, Baltes-Götz 2016).

Die Stufen der Faktoren „Gruppe“ und „Bedingung“ sowie die Interaktionen zwischen diesen wurden in der angewendeten generalisierten Schätzgleichung durch folgende robuste Schätzgleichung dargestellt:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{\text{Gruppe}} \cdot X_{\text{Gruppe}} + \hat{\beta}_{\text{Bedingung}} \cdot X_{\text{Bedingung}} + \hat{\beta}_{\text{Interaktion}} \cdot X_{\text{Gruppe, Bedingung}}$$

Das X nimmt in der Schätzgleichung nur die Werte 0 oder 1 an. X_{Gruppe} bezieht sich mit 1 auf die Kontrollgruppe und 0 auf die Gruppe mit leichter Hörschädigung. In $X_{\text{Bedingung}}$ steht die 1 für die Ruhebedingung und 0 für die Höraufgabe. In $X_{\text{Gruppe, Bedingung}}$ bezieht sich die 1 nur auf die Kontrollgruppe in der Ruhephase.

Einfache Gruppenunterschiede (1x2 Design mit 2-fach gestuftem Faktor) wie bei der Hör- und Frequenzdiskriminationsschwelle sowie bei den Verhaltensparametern des Vorversuches (Reaktionszeit, Fehlerraten, verpasste Antworten) wurden anhand eines parametrischen t-Tests für unabhängige Stichproben auf signifikante Unterschiede geprüft.

5. Ergebnisse

5.1 Stichprobe

Mit einem Anamnesebogen wurden Stör- und Einflussfaktoren eruiert. Es zeigte sich ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis in beiden Gruppen, $\chi^2(1, N = 34) = 0.002, p = .968$. Alle Studienteilnehmer waren zum Zeitpunkt der Studie im Studium. Bis auf die Hörschädigung der Beobachtungsgruppe waren alle gesund. In t-Tests für unabhängige Stichproben zeigte sich, dass sich alle in einem ähnlichen Alter ($t(32) = 0.58, p > .05$) und einer ähnlichen körperlichen Konstitution (Größe: $t(32) = -0.74, p > .05$; Gewicht: $t(31) = -0.22, p > .05$) befanden. Auch hinsichtlich weiterer Einflussfaktoren wie Nikotinabusus ($\chi^2(1, N = 34) = 0.001, p = .982$), Sportlichkeit ($\chi^2(1, N = 34) = 0.54, p = .464$) und Musikalität ($\chi^2(1, N = 34) = 0.88, p = .35$) fanden sich keine Unterschiede zwischen den Studienteilnehmern.

5.2 Vorversuche

5.2.1 Hörschwelle

Wie in Abbildung 5 zu sehen, beträgt der Hörverlust in der Kontrollgruppe in allen Testfrequenzen nicht mehr als 10 dB. Der Hörverlust bei den leicht Schwerhörigen ist in allen Testfrequenzen deutlich ausgeprägter als bei den Normalhörigen. Es ist eine Senke im Bereich von 4-6 kHz zu erkennen.

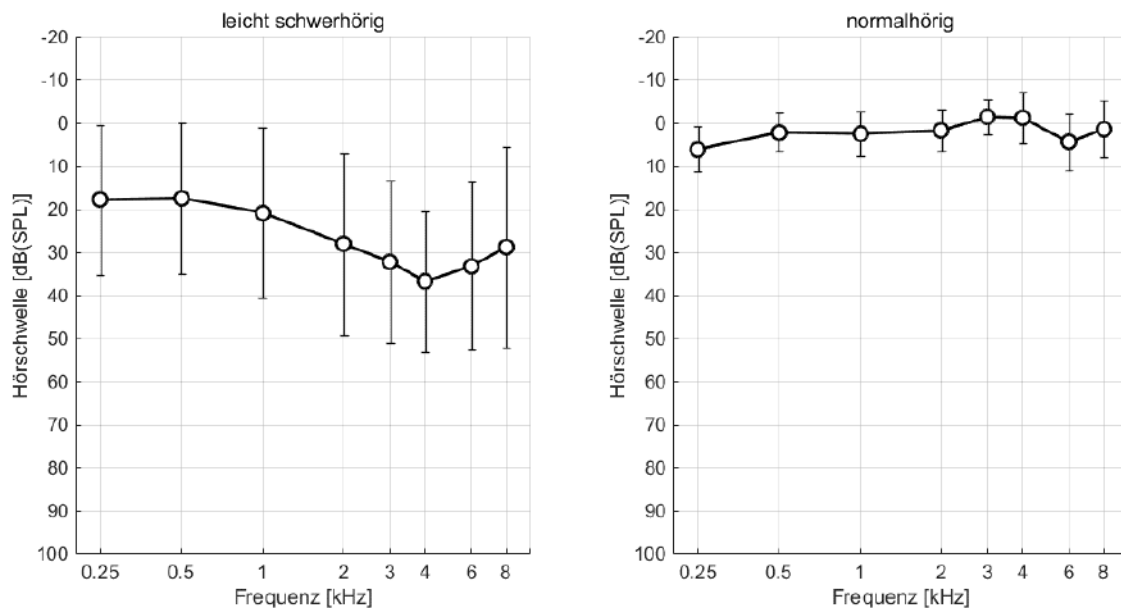


Abbildung 5. Ton-Audiogramme der Normalhörigen und der leicht Schwerhörigen.

Für die statistische Auswertung wurden die Schwellenwerte des Ohres genommen, welches im Hauptversuch akustisch stimuliert wurde. Dies entsprach bei den Normalhörigen dem besser hörenden und bei den leicht Schwerhörigen dem schlechter hörenden Ohr. Es wurde für jede Versuchsperson der Mittelwert aus 3 und 4 kHz gebildet, da dieser den untersuchten Frequenzbereich abdeckte. Wie in Tabelle 3 zu sehen, lag der Hörverlust der jungen Gesunden mit Hörminderung zwischen 3 und 4 kHz im Schnitt bei $34.5 \text{ dB} \pm 17 \text{ dB}$. Die Teilnehmer aus der Kontrollgruppen hörten im gleichen Frequenzbereich mit $1 \text{ dB} \pm 4 \text{ dB}$ oberhalb der allgemeinen Hörschwelle signifikant besser, $t(15,062) = -7.91, p < .001$. Dies ergab ein t-Test für unabhängige Stichproben.

Tabelle 3

Gruppenstatistik der Hörschwelle

Abhängige					
Variable	Gruppe	N	M	SD	SE
Mittelwert aus 3 und 4 kHz	Normalhörig	19	-1.294	3.765	0.864
	leicht Schwerhörig	15	34.500	17.201	4.441

5.2.2 Frequenzunterschiedsschwelle (Ton-Diskriminationsschwelle)

Insgesamt wurden die Schwellenwerte von 25 Probanden berücksichtigt. Für die Weiteren konnten keine ausreichend guten Schwellenwerte erfasst werden. Von den 25 Studienteilnehmern wurden 19 auf beiden Ohren akustisch stimuliert (davon 4 leicht Schwerhörige und 15 Normalhörige) und 6 einseitig akustisch stimuliert (6 leicht Schwerhörige). Grund hierfür war eine Änderung des Studienprotokolls, in der entschieden wurde die Reizdarbietung nur einseitig vorzunehmen.

Ein t-Test für unabhängige Stichproben zeigte, dass die normalhörigen Probanden Tonunterschiede signifikant besser hörten als die Probanden mit leichter Schwerhörigkeit, $t(11,17) = -3.59, p < .01$. Die leicht schwerhörigen Probanden konnten Tonunterschiede von $44 \text{ Hz} \pm 13.7 \text{ Hz}$ hören. Die normalhörigen Probanden hingegen waren in der Lage Tondifferenzen von $27.6 \text{ Hz} \pm 5.8 \text{ Hz}$ wahrzunehmen (s. Tab. 4). Die Gruppenunterschiede sind auch in Abbildung 6 deutlich zu erkennen.

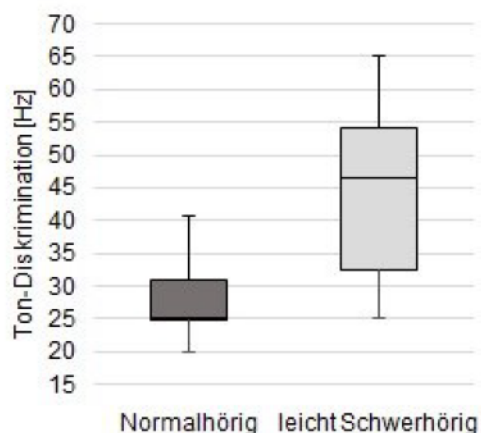


Tabelle 4

Gruppenstatistik der Ton-Diskriminationsschwelle

Gruppe	N	M	SD
Normalhörig	15	27.641	5.780
leicht Schwerhörig	10	44.038	13.659

Abbildung 6. Boxplot der Ton-Diskriminationsschwelle.

5.2.3 Peripher-physiologische Parameter

Für die Auswertung der peripher-physiologischen Parameter und der Verhaltensparameter wurden die Werte aller Studienteilnehmer eingeschlossen. Die akustische Stimulation unterschied sich aufgrund der vorgenommenen

Änderung des Studienprotokolls bei den Probanden. Die akustische Reizdarbietung erfolgte bei 5 leicht schwerhörigen Probanden und 19 normalhörigen Probanden auf beiden Ohren sowie bei 10 leicht schwerhörigen Probanden auf einem Ohr.

5.2.3.1 Herzfrequenz

Insgesamt hatten alle Probanden einen signifikant schnelleren Herzschlag in der Höraufgabe als in Ruhe (s. Tab. 5, Haupteffekt Bedingung und Tab. 6). Zwischen den Gruppen gab es keinen signifikanten Herzfrequenzunterschied (s. Tab. 5, Haupteffekt Gruppe und Tab. 6). Hingegen zeigten die normalhörigen Teilnehmer eine stärkere Veränderung der Herzfrequenz zwischen den Bedingungen als die leicht Schwerhörigen (s. Tab. 5, Interaktion Gruppe * Bedingung und Abb. 9). Im Post-Hoc-Test zeigte sich, dass sich die Herzfrequenz der Normalhörigen signifikant zwischen der Ruhe- und Höraufgabenbedingung unterschied ($M = 2.21$, $SE = \pm 0.49$), $p < .001$. Dieser Unterschied zeigte sich bei den leicht Schwerhörigen nicht ($M = 0.76$, $SE = \pm 0.52$), $p = .847$. Abbildung 7 veranschaulicht diesen Unterschied.

Tabelle 5
Modelleffekte der Herzfrequenz im Vorversuch

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	1644.459	1	.000
Gruppe	1.270	1	.260
Bedingung	17.366	1	.000
Gruppe *			
Bedingung	4.108	1	.043

Tabelle 6
Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Bedingung und für Gruppe im Vorversuch

Bedingung	M	SE
Ruhe	73.651	1.840
Höraufgabe	75.139	1.847

Gruppe	M	SE
Normalhörig	72.328	2.023
leicht Schwerhörig	76.463	3.061

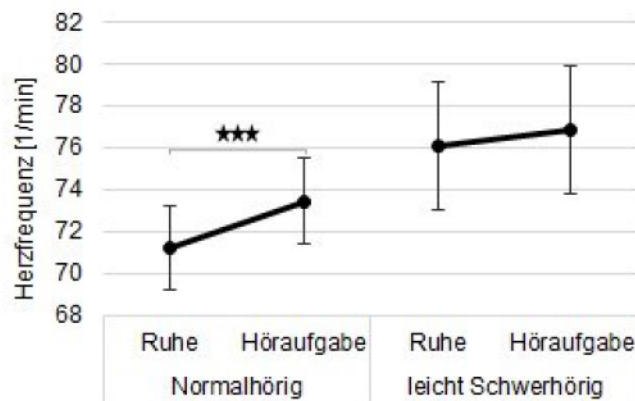


Abbildung 7. Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung im Vorversuch.

5.2.3.2 Sauerstoffsättigung (SpO2)

Zwischen den Bedingungen wiesen alle Probanden signifikant verschiedene SpO2-Werte auf (s. Tab. 7, Haupteffekt Bedingung und Tab. 8). Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den SpO2-Werten der Gruppen (s. Tab. 7, Haupteffekt Gruppe und Tab. 8). Weiterhin ergab sich keine Interaktion zwischen Gruppe und Bedingung (s. Tabelle 7, Interaktion Gruppe*Bedingung und Abb. 8). In den Post-Hoc-Tests fiel auf, dass die leicht Schwerhörigen in der Höraufgabe eine um $0.31\% \pm 0.12\%$ (SE) niedrigere SpO2 hatten als in Ruhe (s. Abb. 8). Dieser Unterschied erreichte keine statistische Signifikanz, zeigte aber eine deutliche Tendenz ($p = .065$).

Tabelle 7

Modelleffekte der SpO2 im Vorversuch

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	150192.270	1	.000
Gruppe	2.088	1	.148
Bedingung	9.678	1	.002
Gruppe* Bedingung	.345	1	.557

Tabelle 8

Geschätzte Randmittel der SpO2 für Bedingung u. für Gruppe im Vorversuch

Bedingung	M	SE
Ruhe	95.711	0.236
Höraufgabe	95.454	0.263

Gruppe	M	SE
Normalhörig	95.939	0.263
leicht Schwerhörig	95.226	0.417

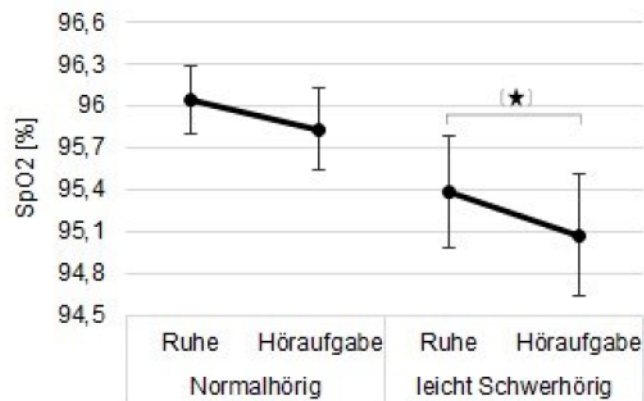


Abbildung 8. Abbildung der geschätzten Randmittel der SpO2 für Gruppe*Bedingung im Vorversuch.

5.2.4 Verhaltensparameter

5.2.4.1 Reaktionszeit

In einem t-Test für unabhängige Stichproben zeigte sich, dass die leicht schwerhörigen Versuchspersonen signifikant schneller antworteten als die hörgesunden Versuchspersonen ($t(32) = 2.21$; $p < .05$ und s. Tab. 9).

Tabelle 9
Gruppenstatistik der Reaktionszeit

Gruppe	N	M	SD	SE
Normalhörig	19	674.005	90.584	20.781
leicht Schwerhörig	15	603.250	95.738	24.719

5.2.4.2 Fehler und Verpasste Antworten

Ein t-Test für unabhängige Stichproben ergab, dass alle Probanden bei der Unterscheidung zweier Töne ungefähr gleich viele Fehler begingen ($t(32) = 0.03$, $p > .05$ und s. Tab. 10).

Weiterhin ließen die Teilnehmer der Kontrollgruppe durchschnittlich 37.27 ± 45.35 (SE) Antworten mehr weg als die hörgeminderten Teilnehmer. Dieser Unterschied erreichte in einem t-Test für unabhängige Stichproben keine statistische Signifikanz ($t(32) = 0.82$, $p > .05$ und s. Tab.10).

Tabelle 10

Gruppenstatistik der Fehler und verpassten Antworten

Parameter	Gruppe	N	M	SD	SE
Fehler	Normalhörig	19	98.053	78.810	18.080
	leicht Schwerhörig	15	97.200	82.435	21.285
Parameter	Gruppe	N	M	SD	SE
verpasste Antworten	Normalhörig	19	199.000	130.719	29.989
	leicht Schwerhörig	15	161.733	132.072	34.101

5.3 Hauptversuch

5.3.1 Peripher-physiologische Parameter

5.3.1.1 Herzfrequenz

Insgesamt hatten alle Versuchsteilnehmer während der Höraufgabe eine signifikant höhere Herzfrequenz als in der Ruhebedingung (s. Tab. 11, Haupteffekt Bedingung und Tab. 12). Es zeigte sich kein signifikanter Herzfrequenzunterschied zwischen den Gruppen (s. Tab. 11, Haupteffekt Gruppe und Tab. 12). Jedoch gab es einen deutlichen Trend in der Wechselwirkung zwischen Gruppe und Bedingung (s. Tab. 11, Interaktion Gruppe*Bedingung und Abb. 9).

Tabelle 11

Modelleffekte der Herzfrequenz im Hauptversuch

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	1644.37	1	.000
Gruppe	0.00	1	.944
Bedingung	18.40	1	.000
Gruppe*Bedingung	3.36	1	.067

Tabelle 12

Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Bedingung und für Gruppe im Hauptversuch

Bedingung	M	SE
Ruhe	69.38	1.756
Höraufgabe	71.044	1.702
Gruppe	M	SE
Normalhörig	70.802	1.589
leicht Schwerhörig	69.623	2.97

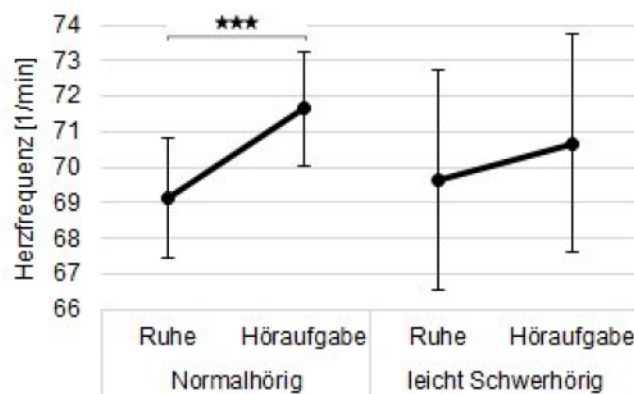


Abbildung 9. Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung.

In Abbildung 9 wird deutlich, dass die Normalhörigen im Vergleich zu den leicht Schwerhörigen einen signifikant höheren Herzfrequenzanstieg von der Ruhe zur Aufgabenbedingung hatten (Normalhörige: $M = 2.53$, $SE = \pm 0.64$, $p < .001$ vs. leicht Schwerhörige: $M = 1.02$, $SE = \pm 0.52$, $p = .257$).

In weiteren Berechnungen wurden die Aufgaben mit in die Betrachtung einbezogen (s. Tab. 13 und Abb. 10). Insgesamt blieb die Herzfrequenz aller Versuchsteilnehmer während der verschiedenen Höraufgaben stabil (s. Tab. 13, Haupteffekt Aufgabe). Weiterhin reagierten beide Gruppen mit ähnlich starken Herzfrequenzänderungen auf die verschiedenen Bedingungen und die verschiedenen Höraufgaben (s. Tab. 13, Interaktionen Gruppe*Bedingung und Gruppe*Aufgabe). Ferner fand sich keine Wechselwirkung zwischen Gruppe, Bedingung und Aufgabe (s. Tab. 13, Interaktion Gruppe*Bedingung*Aufgabe). Die Post-Hoc-Tests der dreifach Interaktion Gruppe*Bedingung*Aufgabe zeigten bei den Normalhörigen in der Aufgabe „mRnA“ einen signifikant höheren Herzschlag als in der Ruhebedingung zuvor ($M = 3.01$, $SE = \pm 0.64$, $p < .001$).

Tabelle 13

Modelleffekte des Aufgabenmodells der Herzfrequenz

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	1644.37	1	.000
Gruppe	0.005	1	.944
Bedingung	18.400	1	.000
Aufgabe	3.596	3	.308
Gruppe * Bedingung	3.357	1	.067
Gruppe * Aufgabe	2.163	3	.539
Bedingung * Aufgabe	1.342	3	.719
Gruppe * Bedingung * Aufgabe	1.031	3	.794

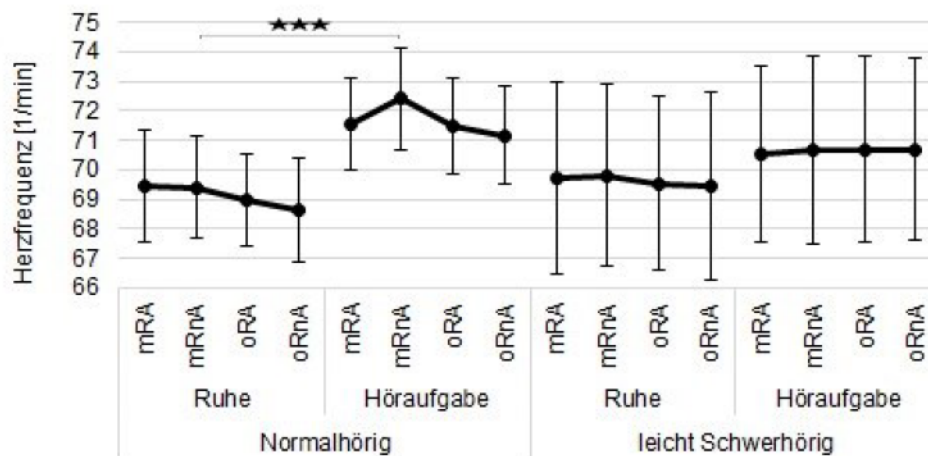


Abbildung 10. Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe.

5.3.1.2 Herzfrequenzvariabilitäts-Parameter Rmssd

Es zeigte sich bei allen Probanden ein signifikanter Unterschied im Rmssd-Wert zwischen der Ruhe- und der Aufgabenbedingung (s. Tab. 14, Haupteffekt Bedingung und Tab. 15). Es ergab sich kein Gruppenunterschied (s. Tab. 14, Haupteffekt Gruppe und Tab. 15). Weiterhin fand sich eine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Bedingung (s. Tab. 14, Interaktion Gruppe*Bedingung und Abb. 11).

Tabelle 14

Modelleffekte des Rmssd

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	96.582	1	.000
Gruppe	.067	1	.795
Bedingung	24.927	1	.000
Gruppe * Bedingung	5.300	1	.021

Tabelle 15

*Geschätzte Randmittel des Rmssd für
Bedingung und für Gruppe*

Bedingung	M	SE
Ruhe	45.856	4.776
Höraufgabe	38.512	3.888

Gruppe	M	SE
Normalhörig	43.297	6.141
leicht Schwerhörig	41.071	5.998

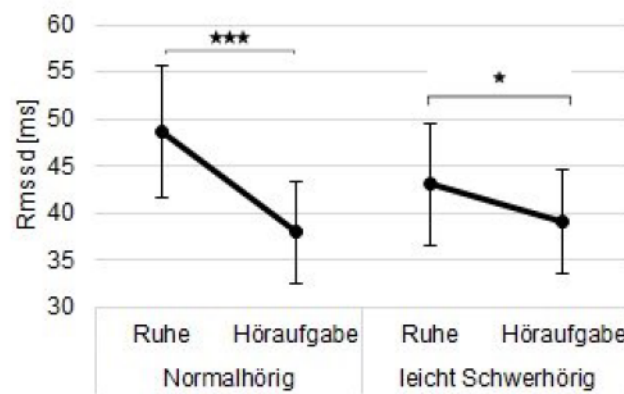


Abbildung 11. Abbildung der geschätzten Randmittel
des Rmssd für Gruppe*Bedingung.

In den Post-Hoc-Tests der Faktorstufen Gruppe*Bedingung ergab sich in beiden Gruppen eine signifikante Veränderung des Rmssd-Wertes zwischen der Ruhe- und der Aufgabenbedingung. Wie in Abbildung 11 zu erkennen, imponierte die Veränderung stärker in der Kontrollgruppe als in der Gruppe der leicht Schwerhörigen (Normalhörig: $M = 10.73$, $SE = \pm 2.54$, $p = .0001$; leicht Schwerhörig: $M = 3.96$; $SE = \pm 1.48$, $p = .045$).

Unter Einbezug der Aufgaben in das generalisierte Schätzmodell ergaben sich weitere Effekte. Es zeigte sich, dass alle Probanden unabhängig von der Bedingung verschieden hohe Rmssd-Werte zwischen den Aufgaben aufwiesen (s. Tab. 16, Haupteffekt Aufgabe und Tab. 18). Weiterhin konnte ein Trend zu aufgabenspezifischen Differenzen zwischen den Gruppen festgestellt werden (s.

Tab. 16, Interaktion Gruppe*Aufgabe und Tab. 17). Verfolgt man die Änderung des Rmssd-Wertes während der Aufgaben (Tab. 17 und Abb. 12) fällt auf, dass der Rmssd-Wert in der Aufgabe „mRnA“ in der Ruhe- und Höraufgabenbedingung in beiden Gruppen am niedrigsten war. Am höchsten präsentierte sich der Rmssd-Wert in beiden Gruppen in den Aufgaben „ohne Rauschen“. Zudem ist zu erkennen, dass der Rmssd-Wert bei den Normalhörigen in den Aufgaben „ohne Rauschen“ stärker anstieg als bei den leicht schwerhörigen Teilnehmern. Dies passt zu dem Trend in der Interaktion Gruppe*Aufgabe. Die zugehörigen Post-Hoc-Tests konnten jedoch keine statistische Signifikanz erreichen (Normalhörig: $M = 2.35$, $SE = \pm 2.11$, $p > .05$; leicht Schwerhörig: $M = 0.73$, $SE = \pm 1.71$, $p > .05$).

Tabelle 16

Modelleffekte des Aufgabenmodells des Rmssd

Quelle	Wald-Chi-Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	96.582	1	.000
Gruppe	0.067	1	.795
Bedingung	24.927	1	.000
Aufgabe	1.569	3	.014
Gruppe * Bedingung	5.300	1	.021
Gruppe * Aufgabe	6.527	3	.089
Bedingung * Aufgabe	1.832	3	.608
Gruppe * Bedingung * Aufgabe	1.339	3	.720

Tabelle 17

*Geschätzte Randmittel des Rmssd für Gruppe*Aufgabe*

Gruppe	Aufgaben	M	SE
Normalhörig	mRA	42.466	6.284
	mRnA	40.428	5.127
	oRA	43.969	6.643
	oRnA	46.324	6.900
leicht Schwerhörig	mRA	41.472	6.262
	mRnA	39.580	5.261
	oRA	41.984	6.703
	oRnA	41.250	5.954

Tabelle 18

Geschätzte Randmittel des Rmssd für die Aufgaben

Aufgabe	M	SE
mRA	41.969	4.436
mRnA	40.004	3.673
oRA	42.977	4.718
oRnA	43.787	4.557

In den Post-Hoc-Tests für die Faktorstufen Gruppe*Bedingung*Aufgabe fanden sich ein Trend bzw. signifikante Unterschiede im Rmssd-Wert der Normalhörigen zwischen den Bedingungen aller vier Höraufgaben (s. Abb. 12 und Tab. 19).

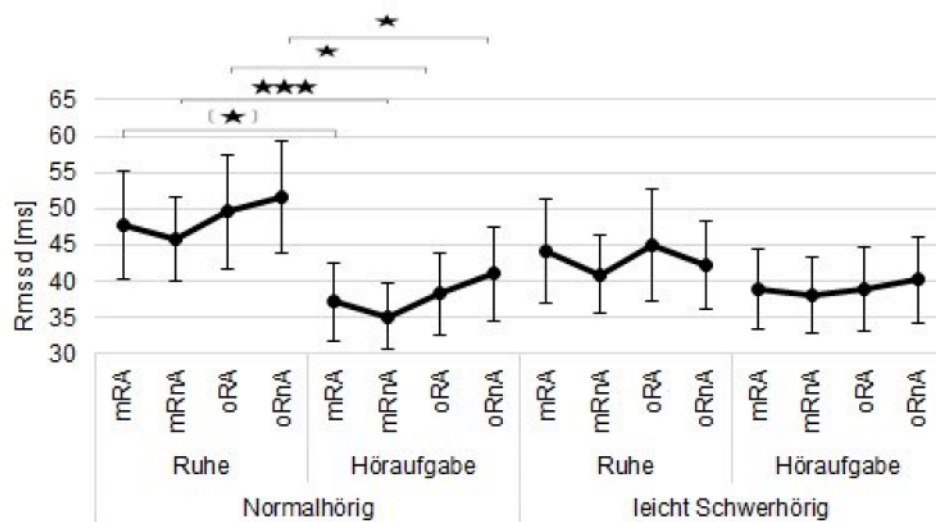


Abbildung 12. Abbildung der geschätzten Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung*Aufgabe.

Tabelle 19

Post-Hoc-Tests des Rmssd für Gruppe*Bedingung*Aufgabe

Gruppe*Bedingung*Aufgabe		M	SE	df	Bonferroni-Sig.
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	10.527	3.116	1	.088
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	10.620	1.983	1	.000
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	11.248	3.133	1	.040
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	10.528	2.835	1	.025

Anmerkung. Legende: Gruppe 1 = Normalhörig, Bedingung 0 = Ruhe, Aufgabe 0 = mRA, Aufgabe 1 = mRnA, Aufgabe 2 = oRA, Aufgabe 3 = oRnA.

5.3.1.3 Atemfrequenz

Die Probanden beider Gruppen atmeten in der Höraufgabe signifikant schneller als in Ruhe (s. Tab. 20, Haupteffekt Bedingung und Tab. 21). Zwischen den Gruppen ergab sich kein Unterschied in der Atmung (s. Tab. 20, Haupteffekt Gruppe und Tab. 21). Weiterhin zeigte sich kein Gruppenunterschied in der Änderung der Atmung von der Ruhe zur Höraufgabe (s. Tab. 20, Interaktion Gruppe*Bedingung und Abb. 13).

Tabelle 20

Modelleffekte der Atemfrequenz im Hauptversuch

Quelle	Wald-Chi-Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	2757.811	1	0.000
Gruppe	0.232	1	.630
Bedingung	56.922	1	.000
Gruppe *			
Bedingung	0.004	1	.948

Tabelle 21

Geschätzte Randmittel der Atemfrequenz für Bedingung und für Gruppe im Hauptversuch

Bedingung	M	SE
Ruhe	14.401	0.270
Höraufgabe	16.344	0.363

Gruppe	M	SE
Normalhörig	15.513	0.440
leicht Schwerhörig	15.231	0.387

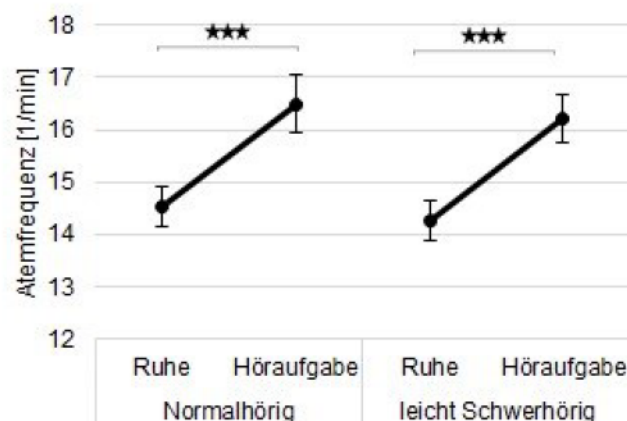


Abbildung 13. Abbildung der geschätzten Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung im Hauptversuch.

Auch bei diesem Parameter wurden die Aufgaben in das Modell mit einbezogen. Dabei zeigte sich, dass alle Probanden zwischen den Bedingungen der einzelnen

Aufgaben unterschiedlich schnell atmeten (s. Tab. 22, Interaktion Bedingung*Aufgabe und Abb. 14).

Tabelle 22

Modelleffekte des Aufgabenmodells der Atemfrequenz

Quelle	Wald-Chi-Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	2757.811	1	.000
Gruppe	.232	1	.630
Bedingung	56.922	1	.000
Aufgabe	4.797	3	.187
Gruppe * Bedingung	.004	1	.948
Gruppe * Aufgabe	4.290	3	.232
Bedingung * Aufgabe	35.413	3	.000
Gruppe * Bedingung * Aufgabe	4.314	3	.230

Weiterhin fiel auf, dass die Normalhörigen in beiden Bedingungen der Aufgabe „mRA“ tendenziell schneller atmeten als in der Aufgabe „oRA“ ($M = 0.45$, $SE = \pm 0.15$, $p = .068$ und s. Tab. 23 und Abb. 14).

Tabelle 23

*Geschätzte Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Aufgabe*

Gruppe	Aufgaben	M	SE
Normalhörig	mRA	15.788	0.444
	mRnA	15.545	0.401
	oRA	15.336	0.477
	oRnA	15.383	0.476
leicht Schwerhörig	mRA	15.185	0.467
	mRnA	15.311	0.352
	oRA	15.179	0.374
	oRnA	15.250	0.403

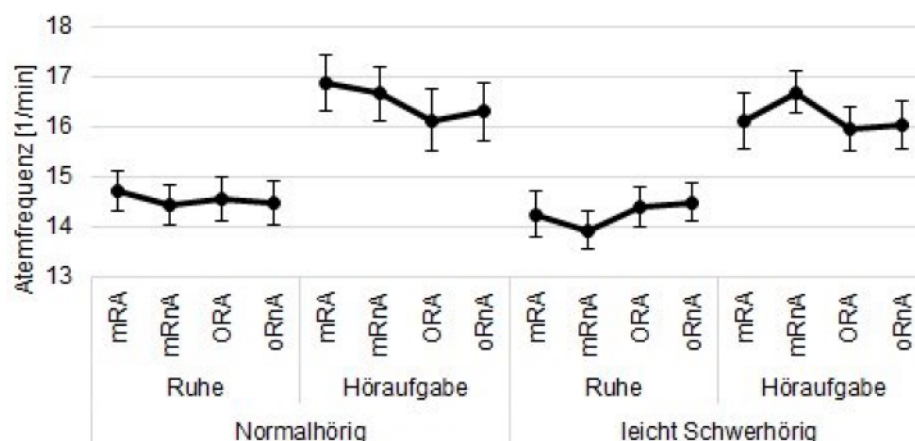


Abbildung 14. Abbildung der geschätzten Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe.

5.3.1.4 Sauerstoffsättigung (SpO₂)

Weder zwischen den Bedingungen noch zwischen den Gruppen zeigte sich eine signifikante Veränderung der Sauerstoffsättigung (s. Tab. 24, Haupteffekt Bedingung und Haupteffekt Gruppe). Des Weiteren zeigte sich zwischen den Gruppen keine signifikant verschiedene Änderung der Sauerstoffsättigung von der Ruhe zur Aufgabenbedingung (s. Tab. 24, Interaktion Gruppe*Bedingung und Abb. 15).

Tabelle 24

Modelleffekte der Sauerstoffsättigung im Hauptversuch

Quelle	Wald-Chi-Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	401812.372	1	.000
Gruppe	2.020	1	.155
Bedingung	0.250	1	.617
Gruppe*Bedingung	0.959	1	.327

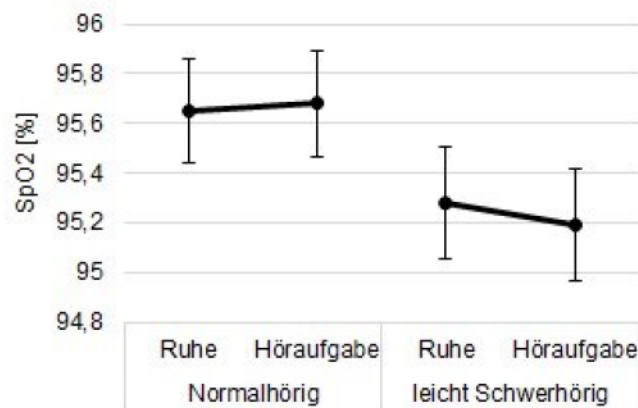


Abbildung 15. Abbildung der geschätzten Randmittel der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung.

5.3.1.5 Endokriner Biomarker Cortisol

Da die Ausschüttung des Cortisols einer zirkadianen Rhythmik unterliegt und von unterschiedlichen Einflussfaktoren wie bspw. dem Geschlecht (s. Grundlagen) abhängig ist, wurde vor der Auswertung auf eine annähernde Ausgeglichenheit dieser Faktoren zwischen den Gruppen geachtet (s. Tab. 25). In den Höraufgaben sind in der Gruppe der leicht Schwerhörigen 14 anstatt 15 Werte mit in die Bewertung eingeflossen. Grund hierfür war eine nicht ausreichende Probenmenge eines männlichen Probanden.

Tabelle 25

Einflussfaktoren des Biomarkers Cortisol

Einflussfaktoren	Normalhörig	leicht Schwerhörig
Männlich	10 (53%)	8 (53%)
Weiblich	9 (47%)	7 (47%)
Versuch Vormittag	6 (32%)	6 (40%)
Versuch Nachmittag	13 (68%)	9 (60%)

Es zeigte sich ein Trend zu unterschiedlichen Cortisol-Leveln zwischen den Gruppen (s. Tab. 25, Haupteffekt Gruppe und Tab. 26). Die Cortisol-Werte aller Versuchsteilnehmer blieben vor und nach dem Experiment stabil (s. Tab. 25, Haupteffekt Bedingung und Tab. 26). Darüber hinaus konnte keine

Wechselwirkung zwischen Gruppe und Bedingung festgestellt werden (s. Tab. 25, Interaktion Gruppe*Bedingung und Abb. 16).

Tabelle 26

Modelleffekte des Cortisols

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	319.528	1	.000
Gruppe	2.603	1	.107
Bedingung	.007	1	.935
Gruppe *			
Bedingung	2.081	1	.149

Tabelle 27

*Geschätzte Randmittel des Cortisols für
Bedingung und für Gruppe*

Bedingung	M	SE
vor Experiment	7.626	0.545
nach Experiment	7.582	0.462

Gruppe	M	SE
Normalhörig	6.918	0.573
leicht Schwerhörig	8.290	0.628

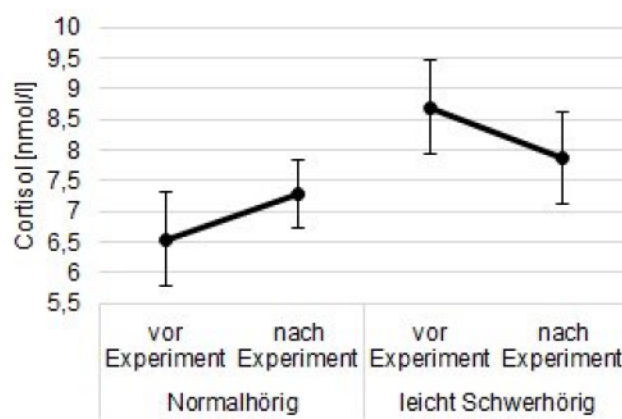


Abbildung 16. Abbildung der geschätzten Randmittel des Cortisols für Gruppe*Bedingung.

5.3.2 Zentrale Parameter

Insgesamt konnten für die Auswertung 17 Personen aus der Kontrollgruppe sowie 14 Personen aus der Gruppe mit leichter Hörminderung eingeschlossen werden. Die Daten der übrigen Teilnehmer waren aufgrund von Artefakten nicht auswertbar.

5.3.2.1 Frequenz des Peaks im Alphaband (Alpha-Frequenz)

Bei allen Probanden zeigte sich die Frequenz der Alphawellen während der Höraufgabe signifikant höher als in Ruhe (s. Tab. 28, Haupteffekt Bedingung und Tab. 29). Weiterhin ergab sich keine signifikant unterschiedliche Alpha-Frequenz zwischen den Gruppen (s. Tab. 28, Haupteffekt Gruppe und Tab. 29). Die Veränderung der Alpha-Frequenz von der Ruhe zur Aufgabenbedingung blieb in beiden Gruppen ähnlich (s. Tab. 28, Interaktion Gruppe*Bedingung und Abb. 17).

Tabelle 28

Modelleffekte der Alpha-Frequenz

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	3157.495	1	.000
Gruppe	2.057	1	.152
Bedingung	4.431	1	.035
Gruppe* Bedingung	0.032	1	.858

Tabelle 29

Geschätzte Randmittel der Alpha-Frequenz für Bedingung und für Gruppe

Bedingung	M	SE
Ruhe	9.907	0.172
Höraufgabe	9.984	0.184

Gruppe	M	SE
Normalhörig	9.691	0.200
leicht Schwerhörig	10.199	0.292

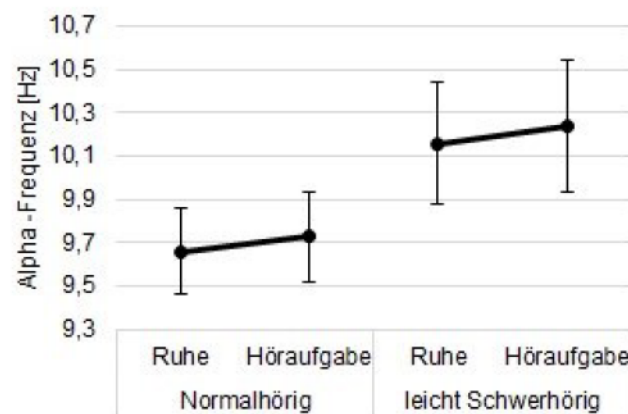


Abbildung 17. Abbildung der geschätzten Randmittel der Alpha-Frequenz für Gruppe*Bedingung.

Zur Beurteilung der Veränderung der Frequenz der Alphawellen während der Höraufgaben, wurden die Höraufgaben in das generalisierte Schätzmodell

integriert. Hierbei fand sich ein Trend zu einer Interaktion zwischen Gruppe*Bedingung*Aufgabe (s. Tab. 30, Interaktion Gruppe*Bedingung*Aufgabe).

Tabelle 30

Modelleffekte des Aufgabemodells der Alpha-Frequenz

Quelle	Wald-Chi-Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	3157.495	1	.000
Gruppe	2.057	1	.152
Bedingung	4.431	1	.035
Aufgabe	1.736	3	.629
Gruppe * Bedingung	.032	1	.858
Gruppe * Aufgabe	6.182	3	.103
Bedingung * Aufgabe	5.845	3	.119
Gruppe * Bedingung * Aufgabe	6.818	3	.078

Die Abbildung 18 veranschaulicht die geschätzten Randmittel für Gruppe*Bedingung*Aufgabe. Es lässt sich erkennen, dass die Alpha-Frequenz in beiden Gruppen und beiden Bedingungen unterschiedlich zwischen den einzelnen Aufgaben verlief. In der Kontrollgruppe zeigte sich ein deutlicher Abfall der Alpha-Frequenz zwischen der Aufgabe „oRA“ und der Aufgabe „oRnA“. In der Gruppe der leicht Schwerhörigen hingegen kam es hier zu einem Anstieg der Alpha-Frequenz. In den zugehörigen Post-Hoc-Tests der Faktorstufen Gruppe*Bedingung*Aufgabe konnte keine statistische Signifikanz erreicht werden (s. Tab. 31).

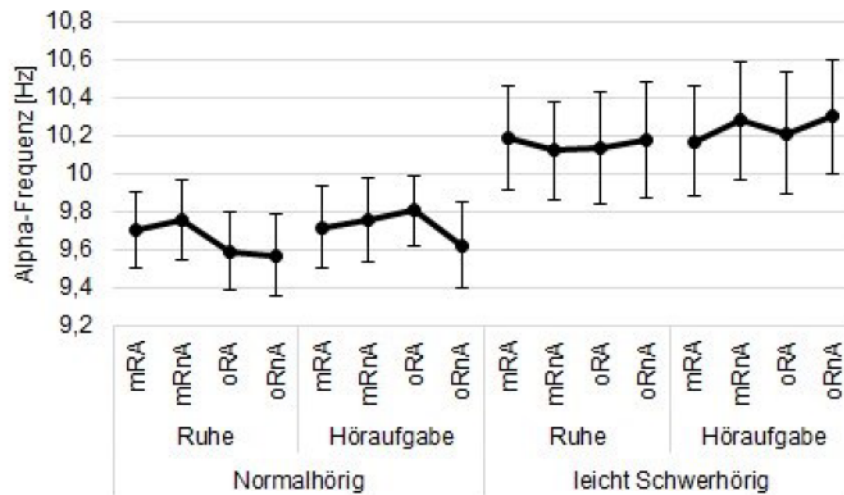


Abbildung 18. Abbildung der geschätzten Randmittel der Alpha-Frequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe.

Tabelle 31

Post-Hoc-Tests der Alpha-Frequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe

Gruppe*Bedingung*Aufgabe		M	SE	df	Bonferroni Sig.
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*				
[Aufgabe=2]	[Aufgabe=3]	.023	.095	1	1.000
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*				
[Aufgabe=2]	[Aufgabe=3]	.182	.116	1	1.000
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*				
[Aufgabe=2]	[Aufgabe=3]	-.042	.052	1	1.000
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*				
[Aufgabe=2]	[Aufgabe=3]	-.086	.052	1	1.000

Anmerkung. Legende: Gruppe 1 = Normalhörig, Gruppe 2 = leicht Schwerhörig

Bedingung 1 = Ruhe, Bedingung 2 = Höraufgabe, Aufgabe 2 = oRA, Aufgabe 3 = oRnA.

5.3.2.2 Spektrale Leistungsdichte des Peaks im Alphaband (PSD)

Wie in den Modelleffekten sichtbar, unterschied sich die PSD der leicht Schwerhörigen signifikant von der Kontrollgruppe (s. Tab. 32, Haupteffekt Gruppe und s. Tab. 33). Es bestand eine ähnliche PSD aller Versuchsteilnehmer sowohl in

Ruhe als auch während der Höraufgabenbedingung (s. Tab. 32, Haupteffekt Bedingung und Tab. 33). Weiterhin verhielt sich die PSD von der Ruhe zur Höraufgabenbedingung in beiden Gruppen ähnlich (s. Tab. 32, Interaktion Gruppe*Bedingung und Abb. 19).

Tabelle 32

Modelleffekte der PSD

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	78.735	1	.000
Gruppe	3.978	1	.046
Bedingung	.113	1	.737
Gruppe*Bedingung	.021	1	.884

Tabelle 33

Geschätzte Randmittel der PSD für
Bedingung und für Gruppe

Bedingung	M	SE
Ruhe	11.733	1.262
Höraufgabe	11.470	1.460

Gruppe	M	SE
Normalhörig	14.209	2.321
leicht Schwerhörig	8.994	1.204

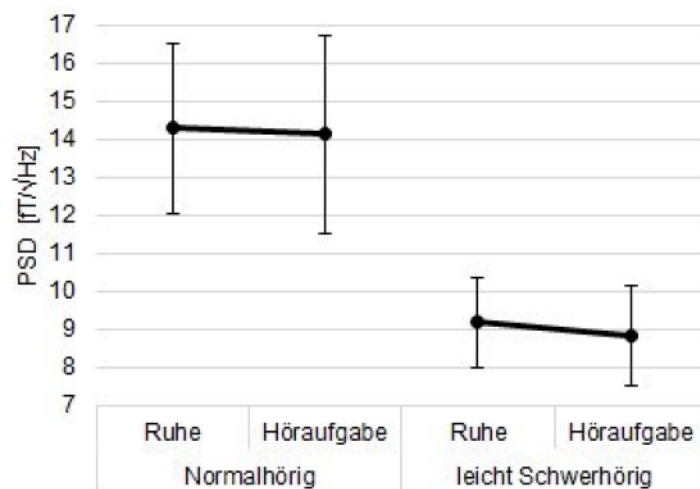


Abbildung 19. Abbildung der geschätzten Randmittel der PSD für Gruppe*Bedingung.

Unter Einbeziehen der Aufgaben in das Modell ergaben sich weitere Effekte (s. Tab. 34). Zwischen den Gruppen zeigten sich verschiedene aufgabenabhängige Änderungen der PSD (s. Tab. 34, Interaktion Gruppe*Aufgabe und Tab. 35).

Außerdem konnte eine Wechselwirkung zwischen Aufgabe und Bedingung nachgewiesen werden (s. Tab. 34, Interaktion Aufgabe*Bedingung und Tab. 36).

Tabelle 34

Modelleffekte des Aufgabenmodells der PSD

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	78.735	1	.000
Gruppe	3.978	1	.046
Aufgabe	3.458	3	.326
Bedingung	.113	1	.737
Gruppe * Bedingung	.021	1	.884
Gruppe * Aufgabe	8.010	3	.046
Aufgabe * Bedingung	9.121	3	.028
Gruppe * Aufgabe * Bedingung	2.003	3	.572

Tabelle 35

*Geschätzte Randmittel der PSD für
Gruppe*Aufgabe*

Gruppe	Aufgabe	M	SE
Normalhörig	mRA	13.654	2.276
	mRnA	14.442	2.268
	oRA	15.266	2.481
	oRnA	13.474	2.460
leicht	mRA	8.957	1.261
	mRnA	9.179	1.457
	oRA	8.680	1.107
	oRnA	9.159	1.320

Tabelle 36

*Geschätzte Randmittel der PSD für
Aufgabe*Bedingung*

Aufgabe	Bedingung	M	SE
mRA	Ruhe	11.770	1.391
	Höraufgabe	10.840	1.304
mRnA	Ruhe	12.297	1.390
	Höraufgabe	11.324	1.448
oRA	Ruhe	11.660	1.331
	Höraufgabe	12.286	1.659
oRnA	Ruhe	11.204	1.317
	Höraufgabe	11.429	1.582

Die Abbildung 20 veranschaulicht die aufgabenbezogenen Effekte. Es zeigt sich, dass sich die PSD der Kontrollgruppe zwischen den Höraufgaben signifikant stärker veränderte als in der Gruppe mit leichter Hörschädigung (s. Tab. 34, Interaktion Gruppe*Aufgabe). Den höchsten Wert zeigte die Kontrollgruppe in der Höraufgabe „oRA“. Außerdem fand sich bei ihnen ein signifikanter Abfall der PSD zwischen der Aufgabe „oRA“ und der Aufgabe „oRnA“ ($M = 2.10$, $SE = \pm 0.52$,

$p = .008$). Weiterhin wird in Abbildung 20 und Tabelle 36 der Effekt der Interaktion Aufgabe*Bedingung abgebildet. Es ist zu sehen, dass sich die PSD aller Teilnehmer in den Höraufgaben stärker veränderte als in den Ruhebedingungen.

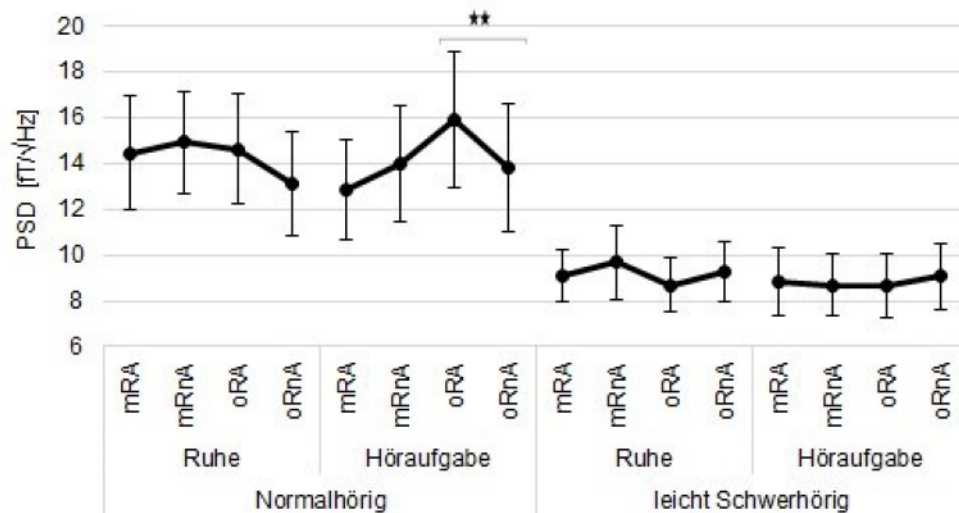


Abbildung 20. Abbildung der geschätzten Randmittel der PSD für Gruppe*Bedingung*Aufgabe.

5.3.3 Verhaltensparameter

5.3.3.1 Reaktionszeit

Die leicht schwerhörigen Teilnehmer antworteten insgesamt signifikant schneller als die Teilnehmer der Kontrollgruppe (s. Tab. 37, Haupteffekt Gruppe und Tab. 38). Zwischen den verschiedenen Aufgaben zeigte sich kein Unterschied in der Reaktionszeit aller Teilnehmer (s. Tab. 37, Haupteffekt Aufgabe und Tab. 38). Darüber hinaus zeigten sich in beiden Gruppen ähnliche Änderungen der Reaktionszeiten zwischen den Höraufgaben. (s. Tab. 37, Interaktion Gruppe * Aufgabe und Abb. 21).

Weitere Unterschiede zeigten sich bei Betrachtung der Post-Hoc-Tests für die Stufen der Faktoren Gruppe*Aufgabe (s. Abb. 21). Die leicht Schwerhörigen reagierten tendenziell schneller in den Aufgaben „oRnA“ ($M = 62.39$, $SE = \pm 20.40$, $p = .062$) und „mRA“ ($M = 67.25$, $SE = \pm 16.11$, $p = .001$).

Tabelle 37

Modelleffekte der Reaktionszeit im Hauptversuch

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	3476.756	1	.000
Gruppe	11.394	1	.001
Aufgabe	1.027	3	.795
Gruppe *	.308	3	.958
Aufgabe			

Tabelle 38

Geschätzte Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe u. für Aufgabe im Hauptversuch

Gruppe	M	SE
Normalhörig	566.718	9.801
leicht Schwerhörig	505.346	15.314

Aufgabe	M	SE
mRA	533.538	12.089
mRnA	533.757	10.199
oRA	534.773	13.542
oRnA	542.059	8.055

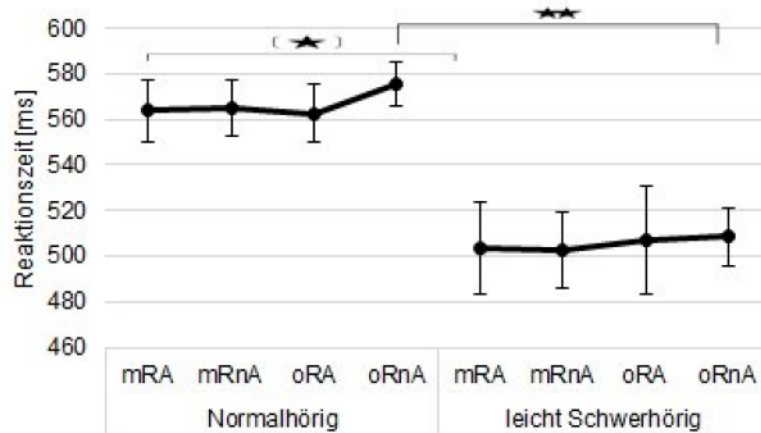


Abbildung 21. Abbildung der geschätzten Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe*Aufgabe.

5.3.3.2 Fehler

Die Teilnehmer beider Gruppen begingen in etwa gleich viele Fehler (s. Tab. 39, Haupteffekt Gruppe und Tab. 40). Insgesamt war die Anzahl an Fehlern von Aufgabe zu Aufgabe signifikant unterschiedlich (s. Tab. 39, Haupteffekt Aufgabe und Tab. 40). Die Änderung der Fehleranzahl zwischen den Aufgaben blieb in beiden Gruppen ähnlich (s. Tab. 39, Interaktion Gruppe*Aufgabe und Abb. 22).

Tabelle 39

Modelleffekte der Fehler im
Hauptversuch

Quelle	Wald-Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	691.947	1	.000
Gruppe	.502	1	.479
Aufgabe	99.063	3	.000
Gruppe *	.138	3	.987
Aufgabe			

Tabelle 40

Geschätzte Randmittel der Fehler für
Gruppe u. für Aufgabe im Hauptversuch

Gruppe	M	SE
Normalhörig	94.737	4.795
leicht Schwerhörig	89.767	5.119

Aufgabe	M	SE
mRA	110.291	2.033
mRnA	83.498	5.38
oRA	103.735	2.403
oRnA	71.482	6.075

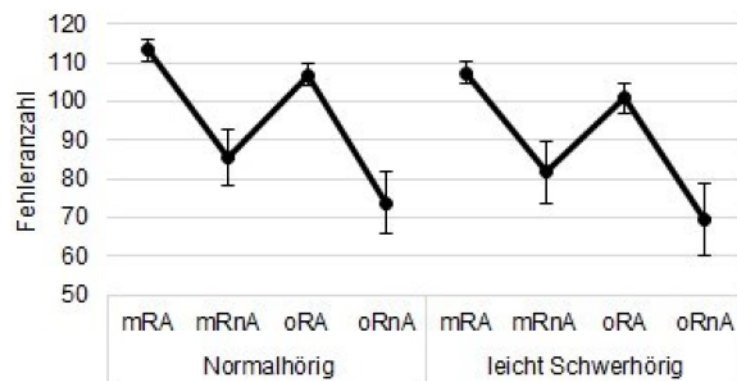


Abbildung 22: Abbildung der geschätzten Randmittel der
Fehler für Gruppe*Aufgabe.

5.3.3.3 Verpasste Antworten

Es zeigte sich kein Gruppenunterschied in der Anzahl an verpassten Antworten (s. Tab. 41, Haupteffekt Gruppe und Tab. 42). Zudem blieb die Anzahl an verpassten Antworten in den einzelnen Aufgaben ungefähr gleich (s. Tab. 41, Haupteffekt Aufgabe und Tab. 42). Die Differenzen der verpassten Antworten zwischen den Aufgaben waren in beiden Gruppen ähnlich (s. Tab. 41, Interaktion Gruppe*Aufgabe und Abb. 23).

Tabelle 41

Modelleffekte der verpassten Antworten
im Hauptversuch

Quelle	Wald- Chi- Quadrat	df	Sig.
(konstanter Term)	32.881	1	.000
Gruppe	1.834	1	.176
Aufgabe	3.363	3	.339
Gruppe *	.806	3	.848
Aufgabe			

Tabelle 42

Geschätzte Randmittel der verpassten
Antworten für Gruppe und für Aufgabe

Gruppe	M	SE
Normalhörig	11.421	1.608
leicht Schwerhörig	18.483	4.961

Aufgabe	M	SE
mRA	13.361	2.486
mRnA	15.468	3.728
oRA	16.277	3.630
oRnA	14.702	2.739

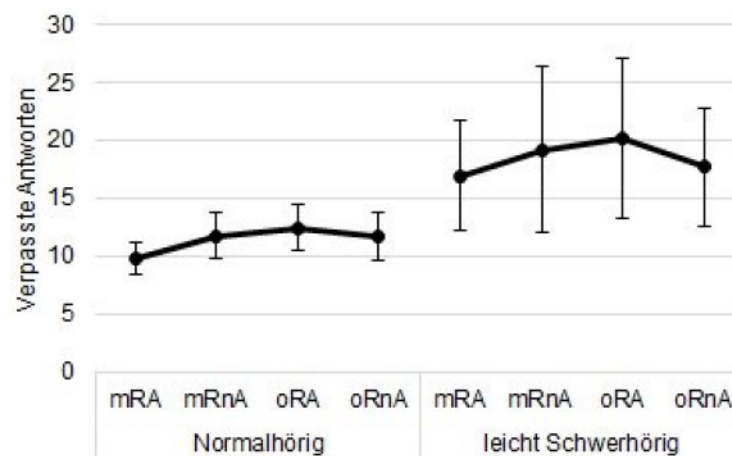


Abbildung 23. Abbildung der geschätzten Randmittel der verpassten Antworten für Gruppe*Aufgabe.

5.4 Vergleich der Vorversuchs- mit den Hauptversuchsergebnissen

Zur Überprüfung der Reliabilität wurden die Ergebnisse des Hauptversuches mit denen des Vorversuches verglichen. Als statistische Tests kamen generalisierte Schätzgleichungen zur Anwendung, wobei das Augenmerk auf dem Haupteffekt des Faktors Aufgabe und den paarweisen Vergleichen der Faktorstufen von Gruppe*Versuch*Bedingung lag.

5.4.1 Herzfrequenz

Die Herzfrequenzen aller Probanden unterschieden sich insgesamt signifikant zwischen Hauptversuch und Vorversuch (Haupteffekt des Faktors Aufgabe: $Wald(1) = 11.695$, $p = .001$). Die normalhörigen Teilnehmer zeigten in den Bedingungen des Vorversuches einen ähnlichen Herzschlag wie in den Bedingungen des Hauptversuches (Ruhe: $M = 2.10$, $SE = \pm 1.76$, $p < .05$), Höraufgabe: $M = 1.78$, $SE = \pm 1.77$, $p < .05$). Die leicht Schwerhörigen hingegen zeigten in den Bedingungen des Vorversuches einen signifikant schnelleren Herzschlag als in den Bedingungen des Hauptversuches (Ruhe: $M = 6.44$, $SE = \pm 1.68$, $p = .003$, Höraufgabe: $M = 6.19$, $SE = \pm 1.70$, $p = .008$). Die dazugehörigen geschätzten Randmittel sind in Abbildung 24 dargestellt.

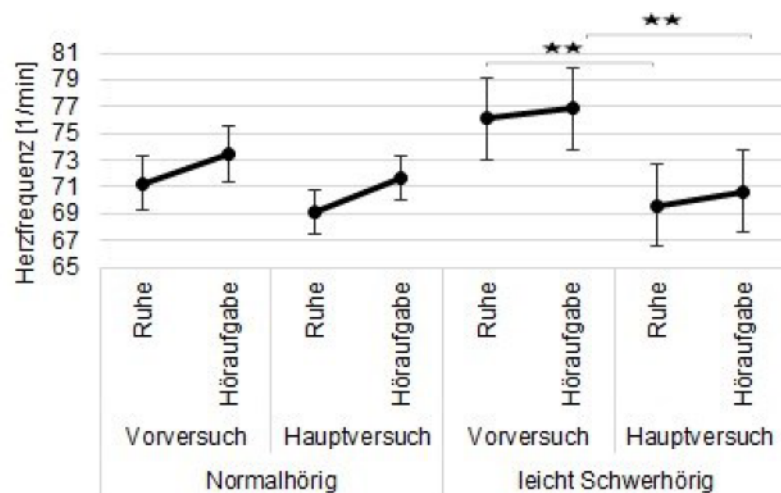


Abbildung 24. Vergleich der Herzfrequenzwerte.

5.4.2 Sauerstoffsättigung

Insgesamt unterschieden sich die Versuche nicht signifikant voneinander (Haupteffekt des Faktors Aufgabe: $Wald(1) = 0.26$, $p = .609$). In beiden Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen der Versuche festgestellt werden (s. Abb. 25 und Tab. 43).

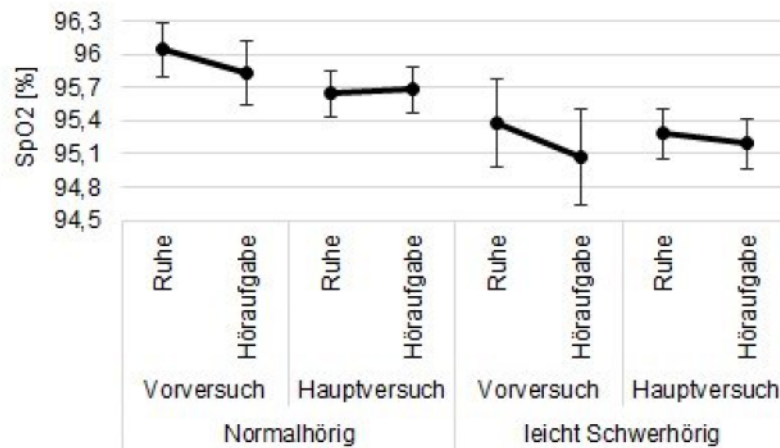


Abbildung 25. Vergleich der Sauerstoffsättigungswerte.

Tabelle 43

Post-Hoc-Tests der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Versuch*Aufgabe

Gruppe*Versuch*Bedingung		M	SE	df	Bonferroni Sig.
[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	.393	.219	1	1.000
[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	.155	.249	1	1.000
[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	.096	.458	1	1.000
[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	-.117	.469	1	1.000

Anmerkung. Legende: Gruppe 1 = Normalhörig, Gruppe 2 = leicht Schwerhörig, Versuch 1 = Vorversuch, Bedingung 0 = Ruhe, Bedingung 1 = Höraufgabe

5.4.3 Reaktionszeit

Es zeigte sich, dass sich die Reaktionszeiten aller Teilnehmer zwischen den Versuchen signifikant voneinander unterschieden (Haupteffekt des Faktors Aufgabe: $Wald(1) = 71.16, p < .001$). Wie in Abbildung 26 zu erkennen, reagierten sowohl die normalhörigen Kontrollen als auch die leicht Schwerhörigen in den Hauptversuchen signifikant schneller als in den Vorversuchen (Normalhörig: $M = 107.29, SE = \pm 18.45, p < .001$, leicht Schwerhörig: $M = 97.9, SE = \pm 15.8, p < .001$).

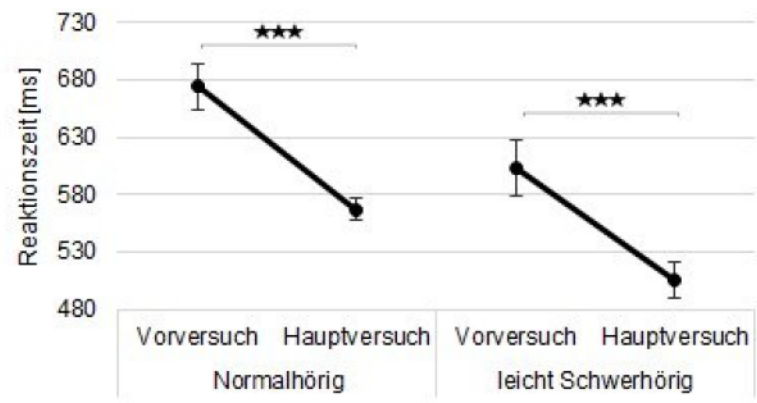


Abbildung 26. Vergleich der Reaktionszeiten.

6. Diskussion

6.1 Diskussion der Ergebnisse des Hauptversuches

In dieser Arbeit sollte der Frage nachgegangen werden, ob leicht Schwerhörige mehr Stress bei der Bearbeitung akustischer Diskriminationsaufgaben erfahren als normalhörige Kontrollpersonen. Der höhere Stress sollte anhand der Veränderung peripher-physiologischer und zentraler Parameter sowie Verhaltensparameter verdeutlicht werden. Die Ergebnisse dieser Parameter werden nun der Reihe nach diskutiert. Begonnen wird mit der Analyse der peripher-physiologischen Parameter.

6.1.1 Peripher-physiologische Parameter

Herzfrequenz

Die Ergebnisse zeigten, dass die Herzfrequenz aller Studienteilnehmer von der Ruhe zur Höraufgabe signifikant anstieg (Haupteffekt des Faktors Bedingung). Dies signalisiert die physiologische Stressreaktion, die alle Teilnehmer durch die Höraufgabe erfuhren. Weiterhin unterschied sich der Herzfrequenzanstieg signifikant zwischen den Gruppen (Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung), was darauf hindeutet, dass zudem die Stressreaktion zwischen den Gruppen unterschiedlich war. Dabei war der Herzfrequenzanstieg (und damit die Stressreaktion) in der Kontrollgruppe stärker ausgeprägt als in der Gruppe der leicht Schwerhörigen. Dies widerspricht einem Teil der 1. Hypothese, der besagt, dass die leicht Schwerhörigen einen größeren Herzfrequenzanstieg aufweisen würden. Zusätzlich zum stärkeren Herzfrequenzanstieg der Kontrollgruppe fielen jedoch auch niedrigere Ruhewerte in der Kontrollgruppe im Vergleich zur Gruppe der leicht Schwerhörigen auf. Diese waren zwar nicht signifikant niedriger, werden aber dennoch als wahrscheinlichster Grund des stärkeren Herzfrequenzanstieges der Kontrollgruppe angesehen. Die fehlende Signifikanz könnte auf die größeren Standardfehler in der Gruppe der leicht Schwerhörigen und die insgesamt geringe Stichprobengröße zurückgeführt werden. Weiterhin suggerieren die verschiedenen Ruhemittelwerte der Gruppen eine verschiedene Stressbelastung der Gruppen bereits zur Ruhebedingung. Die - wenn auch nicht signifikant - höhere

Herzfrequenz der leicht Schwerhörigen in Ruhe könnte darauf hinweisen, dass die leicht Schwerhörigen von vornherein mehr Stress hatten. Dabei könnte man mutmaßen, dass der höhere Ausgangsstress durch eine höhere Anspannung vor Aufgabenbeginn verursacht wurde. Dazu passen Erkenntnisse anderer Studien, dass vorzeitige Stressreaktionen durchaus auftreten und besonders von der subjektiven Einschätzung, den Emotionen und bestimmten Aufgabeneigenschaften (bspw. Ungewissheit) abhängig sind (Epstein und Roupenian 1970, Feldman et al. 2004, Monat et al. 1972). Der Ausgangsstress der leicht Schwerhörigen könnte jedoch auch auf einen durch die Schwerhörigkeit verursachten allgemein höheren Stresspegel im Leben hindeuten. Diese These wird gestützt durch Studien an Nagetieren, die chronischem Stress ausgesetzt wurden (Grippe et al. 2003, Grippe et al. 2008). Den Ergebnissen zu Folge wiesen Nagetiere unter chronischem Stress erhöhte Herzraten und Blutdruckwerte in Ruhe auf, die u.a. auf eine Dysfunktion des sympathischen Nervensystems hindeuteten. Es muss jedoch hinzugefügt werden, dass sich der Wert der Ruhebedingung (Ausgangsbelastung bzw. -stress) aus den Mittelwerten aller gemessenen Ruhephasen zusammensetzt. Nicht nur zu Beginn des Experimentes, sondern auch nach jeder Höraufgabe wurden Ruhe bzw. Erholungsphasen eingebaut. Der Ruhewert spiegelt also nicht nur die Ausgangsbelastung, sondern auch die Erholung von den Aufgaben wider. Deshalb könnte eine weitere Erklärung für die Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung sein, dass sich die Normalhörigen schneller von der Belastungsreaktion, die die Höraufgabe auslöste, erholten als die leicht Schwerhörigen. Ein Hinweis dafür ist der nur schwach ausgeprägte Herzfrequenzabfall der leicht Schwerhörigen zur Ruhephase. Zudem wird dem Herzfrequenzabfall nach einer Belastung eine hohe Bedeutung beigemessen. Er gilt als Ausdruck der Erholungsfähigkeit des kardialen Systems und ändert sich in Abhängigkeit von der kardialen Funktion (bspw. verlangsamter Herzfrequenzabfall bei Herzkranken) (Cole et al. 1999, Imai et al. 1994, Mezzacappa et al. 2001). Bisher zeigte sich also, dass es eine signifikante Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung gibt. Diese verweist auf eine unterschiedliche Stressbelastung der Gruppen. Als wahrscheinlichste Ursache der Interaktion gilt der Unterschied in den Ruhewerten der Gruppen. Diese könnten entweder auf unterschiedliche Ausgangsbelastungen der Gruppen

hindeuten. Oder sie verweisen auf eine unterschiedliche Erholungsreaktion der Gruppen. Die Analysen der anderen Parameter sollen weiteren Aufschluss geben. Es folgt nun die Diskussion des HRV-Parameters Rmssd.

Herzfrequenzvariabilitäts-Parameter Rmssd

Die statistische Auswertung des Rmssd-Parameters ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Bedingung. Dabei zeigte sich eine Abnahme des Rmssd-Wertes unter Bearbeitung der Höraufgabe. Dies ist gleichzusetzen mit einer Abnahme der parasympathisch regulierten Herzaktivität und gilt als Ausdruck einer Stressreaktion. Der verringerte parasympathische Tonus führt zusammen mit einer gesteigerten sympathischen Aktivierung zu einer Herzfrequenzsteigerung. Sowohl die oben genannte Herzfrequenzsteigerung als auch der Rmssd-Abfall während der Höraufgaben verdeutlichen damit die autonom (sympathisch und parasympathisch) gesteuerte Stressreaktion unter Bearbeitung der Höraufgaben. Weiterhin ergab sich eine signifikante Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung, die sich in unterschiedlich starken Veränderungen des Rmssd-Wertes zwischen den Gruppen äußerte. Das spricht dafür, dass die Stressreaktion in den Gruppen verschieden war. Ein Vergleich der Mittelwerte zwischen den Faktorstufen Gruppe und Bedingung (s. Abb. 11, S.45) zeigte, anders als postuliert, einen stärkeren Abfall des Rmssd-Wertes in der Kontrollgruppe als in der Gruppe der leicht Schwerhörigen. Damit steht es im Gegensatz zur 1. Hypothese. Zusätzlich muss darauf hingewiesen werden, dass der Rmssd-Wert zur Ruhephase in der Kontrollgruppe höher war (gleichzusetzen mit weniger Stress und mehr Entspannung) als in der Gruppe der leicht Schwerhörigen. Zur Aufgabenphase hingegen lag der Rmssd-Wert in einem ähnlichen Bereich wie bei den leicht Schwerhörigen. Das ähnelt den oben angesprochenen Herzfrequenzwerten zwischen den Gruppen und lässt erneut den Schluss zu, dass die Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung aufgrund der unterschiedlichen Ruhewerte der Gruppen entstanden ist. Der zugehörige Post-Hoc-Test (Gruppenunterschied zur Ruhephase) erreichte auch hier keine statistische Signifikanz. Das könnte an der geringen Stichprobengröße gelegen haben. Trotzdem erscheinen die unterschiedlichen Ruhewerte der Gruppe der ausschlaggebende Grund für die Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung gewesen zu sein. Damit deutet sich wiederholt an, dass die Gruppen bereits in

Ruhe unterschiedlich belastet waren. Die Ähnlichkeit der Herzfrequenz und Rmssd Ergebnisse bestärkt ferner diese Vermutung. Als Erklärungen für die höhere Ausgangs- bzw. Ruhebelastung der leicht Schwerhörigen kommen die bereits in der Sektion der Herzfrequenz angesprochenen Überlegungen bezüglich einer vorzeitigen Stressreaktion sowie eines allgemein erhöhten Stresspegels in Frage. Mackersie et al. (2015) schloss in ihrer Studie eine vorzeitige Stressreaktion bei Schwerhörigen, die eine Sprachverständnisaufgabe absolvieren sollten, aus. Als Grund nannte sie einen fehlenden signifikanten Gruppenunterschied während der Ruhebedingung sowie fehlende Gruppenunterschiede in der Stressreaktion zwischen Ruhe und Aufgabensituation (vergleichbar mit der Interaktion Gruppe*Bedingung der vorliegenden Arbeit). Dabei bezog sie sich allerdings auf den Parameter der Hautleitfähigkeit. Auch Mackersie hatte die Absicht mit ihrer Studie nachzuweisen, dass Schwerhörige mehr Stress erfahren als Normalhörige und dass sich dies in der Hautleitfähigkeit und den frequenzspezifischen Anteilen (besonders den hohen Frequenzen, die ebenfalls für die parasympathische Aktivität stehen) der HRV widerspiegelt. Bei ihr ergaben sich in den Sprachverständnisaufgaben signifikante Gruppenunterschiede, die den Stress der Schwerhörigen während dieser Aufgaben abbilden konnten. Sie nutzte allerdings andere Methoden (u.a. eine Sprachverständnisaufgabe) als in der vorliegenden Studie. Außerdem bestand die Stichprobe der Schwerhörigen vorwiegend aus Personen, die Hörgeräte trugen. Beides zusammen könnte zu der vergleichsweise stärkeren Stressreaktion der Schwerhörigen geführt haben. Darüber hinaus lag Mackersies Fokus auf der Aufdeckung von Gruppenunterschieden während der Aufgaben, wohingegen der Fokus in der vorliegenden Arbeit auf den Interaktionen zwischen den Faktorstufen Gruppe*Bedingung lag. Als eine andere Erklärung für die höhere Ausgangsbelastung wurde das allgemein höhere Stresslevel der leicht Schwerhörigen angeführt. Dazu wurde bereits eine Studie zu chronischem Stress von Grippo et al. (2003) vorgebracht. Es soll nun hinzugefügt werden, dass in dieser Studie neben höheren Ruheherzfrequenz- und Ruheblutdruckwerten zusätzlich über niedrigere Ruhewerte in dem HRV-Parameter Rmssd berichtet wurde. Nach der Ansicht der Autoren deuten die veränderten Ruhewerte auf durch chronischen Stress hervorgerufene grundlegende Änderungen in den vegetativ

bedingten Stressreaktionen hin. Dies steht im Einklang mit den in dieser Arbeit beobachteten Ruhewertänderungen autonom gesteuerter Parameter (HF und Rmssd) und bekräftigt damit die Vermutung eines allgemein höheren Stresslevels der leicht Schwerhörigen. Es soll ferner darauf hingewiesen werden, dass die veränderten Ruhewerte auch auf eine bereits erwähnte unterschiedliche Erholungsreaktion der Gruppen hindeuten könnten. Hinweise dafür liefert die im Vergleich zur Kontrollgruppe geringere Zunahme des Rmssd-Wertes zur Ruhesituation. Zudem fand sich auch in der Herzfrequenz ein vergleichsweise nur schwach ausgeprägter Abfall zur Ruhesituation. Die Erholung der Herzfrequenz nach einer Belastung wird durch den vagalen Tonus (hier im Rmssd-Wert sichtbar) beeinflusst (Imai et al. 1994, Mezzacappa et al. 2001). Der verringerte vagale Tonus der leicht Schwerhörigen nach Belastung könnte also Ursache für die abgeschwächte Erholung der Herzfrequenz sein. Dies wiederum spricht für eine veränderte vegetative Stressantwort der leicht Schwerhörigen. Daher lässt sich vermuten, dass sich die vegetative Stressantwort der leicht Schwerhörigen nicht nur vorübergehend, sondern grundlegend verändert hat. Um weitere Hinweise über die peripher-physiologischen Reaktionen beider Gruppen zu erhalten, werden im Weiteren die Ergebnisse der Atmung und der Sauerstoffsättigung diskutiert.

Atemfrequenz

Die statistische Auswertung der Atemfrequenzen ergab einen Haupteffekt des Faktors Bedingung. Andere Effekte zeigten sich nicht. Die Atemfrequenz gilt als ein sensibler Parameter für die Erforschung körperlicher Belastungsreaktionen auf mentale Beanspruchung (Bucks und Seljos 1994, Wientjes 1992). Die schnellere Atmung aller Probanden während der Höraufgabe spiegelt demnach die durch die Höraufgabe hervorgerufene mentale Belastung wider. Da die Änderung der Atemfrequenz von der Ruhephase zur Aufgabenphase in beiden Gruppen vergleichbar war (keine Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung), ist davon auszugehen, dass auch die mentale Belastung in beiden Gruppen ähnlich stark war. Im Gegensatz dazu ergaben sich in der Herzfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität Änderungen im Anstieg zwischen den Gruppen (signifikante Interaktionen der Faktoren Gruppe*Bedingung), die auf eine unterschiedliche physiologische Stressreaktion der Gruppen hindeuteten. Ein

Grund für die Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der Parameter könnte sein, dass die Atemfrequenz nicht sensitiv genug für die Fragestellung des Experiments war. Forschergruppen zeigten, dass die Messung der Atemfrequenz zwar Unterschiede in der mentalen Anstrengung widerspiegelte, jedoch mit der Einschränkung, dass die Atemfrequenz nicht sensitiv genug sei, um kleine Änderungen in der Anstrengung bzw. interindividuelle Unterschiede abzubilden (Backs und Seljos 1994, Wientjes et al. 1996). Es bleibt festzuhalten, dass die fehlende Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung bei diesem Parameter gegen die 1. Hypothese spricht. Es folgen die Erörterungen der Ergebnisse der Sauerstoffsättigung.

Sauerstoffsättigung

Für die Sauerstoffsättigung ergaben sich keine Haupteffekte und auch keine Interaktion. Damit muss die Annahme, dass die leicht Schwerhörigen eine geringere Sauerstoffsättigung zeigen würden, abgelehnt werden (Bestandteil der 1. Hypothese). Beim Vergleich der Gruppenmittelwerte der Sauerstoffsättigung fiel auf, dass die leicht Schwerhörigen insgesamt geringere Werte aufwiesen als die Normalhörigen. Der zugehörige Gruppeneffekt (Haupteffekt des Faktors Gruppe) erreichte keine statistische Signifikanz. Es könnte sich um Anzeichen einer erhöhten Sauerstoffausschöpfung der leicht Schwerhörigen handeln. Die erhöhte Sauerstoffausschöpfung könnte durch eine erhöhte mentale Anstrengung hervorgerufen worden sein. Neben den unterschiedlichen Sauerstoffsättigungen zwischen den Gruppen müssten auch unterschiedliche Atemfrequenzen zwischen den Gruppen beobachtet worden sein, da Atmung und Sauerstoffsättigung sich gegenseitig beeinflussen können. So können bspw. Atempausen „Entsättigungen“ (Abfälle in der Sauerstoffsättigung) auslösen. Bei Einsetzen der Atmung erholt sich die Sauerstoffsättigung dann wieder (Cooper et al. 1991). Eine unterschiedliche Atmung zwischen den Gruppen wurde jedoch nicht beobachtet. Der fehlende signifikante Gruppeneffekt und die fehlende Übereinstimmung in den Ergebnissen von SpO₂ und Atmung sprechen eher für einen zufällig beobachteten Unterschied. Anschließend wird der endokrine Marker Cortisol besprochen.

Endokriner Biomarker Cortisol

Die leicht Schwerhörigen zeigten zwar keine signifikant höheren Cortisol-Mittelwerte als die normalhörigen Kontrollen, doch wurde ein Trend beobachtet. Die tendenziell erhöhten Cortisolwerte der leicht Schwerhörigen sprechen für ein allgemein erhöhtes Stresslevel. Weiterhin zeigte sich kein signifikanter Haupteffekt des Faktors Bedingung und keine signifikante Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung. Folglich muss ein Bestandteil der 1. Hypothese, der besagt, dass die leicht Schwerhörigen einen größeren Cortisolanstieg verzeichnen würden, abgelehnt werden. Darüber hinaus fiel auf, dass sich die Ruhewerte der Gruppen (bzw. Ausgangswerte, da einmalig und vor dem Experiment erhoben) unterschieden. Die leicht Schwerhörigen zeigten höhere Cortisolwerte in Ruhe (Ausgangswerte) als die normalhörigen Kontrollen. Der genannte Unterschied erreichte keine statistische Signifikanz im Post-Hoc-Test. Zusammen mit der Tendenz im Gruppeneffekt verweist es dennoch entweder auf eine erhöhte Ausgangsbelastung oder eine allgemein erhöhte Stressbelastung der leicht Schwerhörigen. Die allgemein erhöhte Stressbelastung könnte Ausdruck der chronischen Stressbelastung sein, die die leicht Schwerhörigen im Rahmen täglicher Höranstrengungen erfahren. Chronischer Stress kann zu Veränderungen in der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinde-Stressachse führen. Das wird in Veränderungen der zirkadianen Cortisolausschüttung deutlich (Miller et al. 2007). Diese zeigen sich u.a. in einer Erhöhung des Tages-Cortisolspiegels. Interessanterweise spielt laut Miller et al. die zeitliche Verbindung zum Stressor eine große Rolle in der zirkadianen Cortisolausschüttung. Er konstatierte, dass, sobald der Stressor täglich im Umfeld vorkam (Arbeitslosigkeit), sich dies auf eine Erhöhung der Cortisolwerte im gesamten Tagesverlauf auswirkte. Weiterhin spielt seiner Meinung nach auch die Kontrollierbarkeit von chronischem Stress eine große Rolle. Geringere Kontrollierbarkeit von chronischem Stress kann ebenfalls zu einer Erhöhung des Tages-Cortisolspiegels führen. Eine andere Erklärung für die insgesamt höheren Cortisolwerte der leicht Schwerhörigen könnte zudem die bereits angesprochene vor Experimentbeginn aufgetretene Stressbelastung (Ausgangsbelastung) sein. Die unterschiedlichen Ruhewerte der Gruppen verweisen darauf. Auch bei Nicolson (1992) ergaben sich höhere Cortisollevel vor Beginn psychophysiologischer Aufgaben. Sie führt die höheren Cortisolwerte vor

den Experimenten auf die höhere mentale Anspannung sowie die subjektive Einschätzung der Probanden, ob sie die Aufgaben bewältigen können, zurück. Dies könnte auch in diesem Experiment einen Einfluss gehabt haben. Weiterhin hebt Gaab et al. (2005) hervor, dass die subjektive Einschätzung des Stressors vor Beginn eines Experiments einen Einfluss auf die Stärke der Cortisolausschüttung haben kann und daher als mögliche Einflussgröße mit in Betracht gezogen werden muss. Darüber hinaus sollte berücksichtigt werden, dass lediglich zwei Cortisol-Messwerte (vor und nach dem Experiment) für jede Person vorlagen. Viele Studien nutzten jedoch mehr als zwei Messwerte zur Messung von Cortisol vor, während und nach psychophysiologischen Stressaufgaben (Bohnen et al. 1990, Kirschbaum et al. 1992a, Kirschbaum et al. 1992b, Nicolson 1992). Häufig wurde zudem der Cortisolverlauf an zwei verschiedenen Tagen gemessen: an einem Tag fand das Experiment statt, an einem anderen wurden nur die basalen Werte gemessen (Bohnen et al. 1990, Nicolson 1992). Dies wurde in der vorliegenden Arbeit nicht durchgeführt. Folglich könnten die Cortisolwerte nicht die wahren Stresslevel widerspiegeln. Beeinflussungen des Cortisollevels durch Störvariablen wie Tageszeit und Geschlecht sollten aufgrund einer Balance zwischen den Gruppen weitestgehend kontrolliert gewesen sein. Weitere Einflussfaktoren konnten durch Verhaltensanweisungen an die Probanden kontrolliert werden (Essen nur bis eine Stunde vor Experiment erlaubt, kein Rauchen am Tag des Experimentes, etc.).

Zusammenfassung der Diskussion der peripher-physiologischen Parameter

Betrachtet man die Auswertungen der Ergebnisse aller peripher-physiologischen Parameter, inklusive des endokrinen Markers Cortisol, ergibt sich folgende Zusammenfassung. In den Ergebnissen der Herzfrequenz und des Rmssd-Parameters zeigten sich synergistische Effekte (signifikante Interaktionen der Faktoren Gruppe*Bedingung), die auf eine verschiedene autonom regulierte Stressreaktion der Gruppen hindeuten. Dabei ergaben sich anders als in der 1. Hypothese vermutet, größere Änderungen in den Stressreaktionen der Normalhörigen als in den Stressreaktionen der leicht Schwerhörigen. Als Grund dafür dürften trotz nicht signifikanter Gruppenunterschiede zur Ruhephase die unterschiedlichen Ruhewerte der Gruppen angesehen werden. Diese verweisen zusammen mit der signifikanten Interaktion auf eine entweder höhere

Ausgangsbelastung oder auf eine langsamere Erholungsreaktion der leicht Schwerhörigen. Beides könnte Folge einer durch die Schwerhörigkeit entstandenen grundlegenden Änderung der vegetativ ausgelösten Stressreaktion der leicht Schwerhörigen sein. Chronischer Stress scheint dabei am wahrscheinlichsten zu diesen Veränderungen beigetragen zu haben. Dafür sprechen auch die Ergebnisse des endokrinen Markers Cortisol. Diese weisen bei den leicht Schwerhörigen eine Tendenz zu einem höheren Cortisolspiegel auf. Dieser könnte ebenfalls Ausdruck einer durch die Schwerhörigkeit hervorgerufenen chronischen Stressbelastung sein. Da sich zusätzlich in den anderen Parametern (Atmung und SpO₂) keine signifikanten Effekte ergaben, die auf eine größere Belastungsreaktion der leicht Schwerhörigen während der Bearbeitung der Höraufgaben hinweisen würden, muss die 1. Hypothese insgesamt abgelehnt werden. Es ergibt sich damit zwar kein Nachweis dafür, dass die leicht Schwerhörigen während der Bearbeitung akustischer Diskriminationsaufgaben höherem Stress ausgesetzt sind als die leicht Schwerhörigen. Dafür ergeben sich deutliche Hinweise, dass die Stressreaktionen der leicht Schwerhörigen eine Folge andauernder Stressbelastungen sind. Dies lässt sich aus den Ergebnissen der vegetativen Parameter und dem endokrinen Marker Cortisol ableiten. Die Belastungsmarker Atmung und SpO₂ ergaben keine Hinweise auf unterschiedliche Belastungen der Gruppen. Diese Parameter scheinen für die Fragestellung des gewählten Paradigmas weniger sensitiv zu sein als die anderen Parameter. Die bisher besprochenen Ergebnisse sind lediglich eingeschränkt richtungsweisend. Vieles spricht für die Vermutung einer veränderten Stressreaktion der leicht Schwerhörigen, die sich in der Interaktion, den verschiedenen Ruhewerten von HF, Rmssd und dem insgesamt tendenziell höheren Cortisollevel widerspiegelt. Doch gibt es auch weitere potentielle Einflussfaktoren wie die der psychischen Einschätzung einer Situation, die zu den beobachteten Unterschieden beigetragen haben könnten und daher in der Ergebnisinterpretation berücksichtigt werden müssen. Im Anschluss folgt die Diskussion der zentralen Parameter.

6.1.2 Zentrale Parameter

Frequenz des Peaks im Alphaband

Die Mittelwerte der Alphawellenfrequenz unterschieden sich signifikant zwischen den Bedingungen (Haupteffekt des Faktors Bedingung). Dies verweist auf eine erhöhte kognitive Belastung aller Teilnehmenden während der Höraufgaben. Die Mittelwerte der Alpha-Frequenz unterschieden sich weiterhin zwischen den Gruppen (Haupteffekt des Faktors Gruppe). Die leicht Schwerhörigen wiesen zwar keine statistisch signifikante höhere Frequenz der Alphawellen auf als die normalhörigen Kontrollen. Gleichwohl deuten die höheren Alpha-Frequenzen in die Richtung einer insgesamt höheren kognitiven Belastung der leicht Schwerhörigen. Es zeigten sich ferner ähnliche Anstiege zwischen den Bedingungen in beiden Gruppen (Interaktion des Faktors Gruppe*Bedingung). Das spricht dafür, dass die Höraufgabenbedingung in beiden Gruppen ähnlich starke kognitive Belastungsreaktionen hervorrief. Ein Nachweis für eine stärkere kognitive Belastungsreaktion bei den leicht Schwerhörigen während der Bearbeitung der Höraufgaben (2. Hypothese) konnte nicht erbracht werden. Im Weiteren werden die Ergebnisse der spektralen Leistungsdichte der Alphawellen analysiert und im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Frequenz der Alphawellen bewertet.

Spektrale Leistungsdichte des Peaks im Alphaband

Die Mittelwerte der spektralen Leistungsdichte der Alphawellen aller Studienteilnehmer verringerten sich von der Ruhe- zur Höraufgabenbedingung (Haupteffekt des Faktors Bedingung). Dieser Unterschied erreichte keine statistische Signifikanz. Trotzdem deutet es auf eine höhere kognitive Belastung aller Teilnehmenden während der Bearbeitung der Höraufgaben hin. Die Vermutung wird bekräftigt durch den signifikanten Haupteffekt des Faktors Bedingung in der Alphawellenfrequenz. Weiterhin zeigten die leicht Schwerhörigen signifikant niedrigere Werte der spektralen Leistungsdichte im Vergleich zu den Teilnehmern der Kontrollgruppe (Haupteffekt des Faktors Gruppe). Das spricht für eine insgesamt höhere kognitive Belastung der leicht Schwerhörigen. Darüber hinaus ergaben sich zwischen den Gruppen keine signifikant unterschiedlichen Anstiege in der spektralen Leistungsdichte (Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung). Das deutet darauf hin, dass die Höraufgaben in beiden

Gruppen ähnlich starke kognitive Belastungsreaktionen verursachten. Es deckt sich zudem mit dem Ergebnis der Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung der Alphawellenfrequenz. Folglich ergibt sich kein Nachweis für eine zwischen den Gruppen vorkommende unterschiedliche Änderung der kognitiven Belastung (2. Hypothese). Somit kann die 2. Hypothese nicht bestätigt werden. Indes ergeben sich mit dem signifikanten Gruppeneffekt der spektralen Leistungsdichte Hinweise für eine insgesamt höhere kognitive Belastung der leicht Schwerhörigen. Dieser Effekt geht einher mit dem Gruppenunterschied, der sich in der Alphawellenfrequenz beobachten ließ.

Zusammenfassung der Diskussion zentraler Parameter

Insgesamt verweisen die Ergebnisse der zentralen Parameter auf eine allgemein erhöhte kognitive Belastung der leicht Schwerhörigen. Die Beobachtungen in den Alphawellenparametern passen zu den Ergebnissen des Cortisols, bei dem sich ebenfalls Hinweise auf eine insgesamt höhere Belastung der leicht Schwerhörigen ergaben. Die allgemein erhöhte Belastung der leicht Schwerhörigen könnte durch eine permanente Höranstrengung hervorgerufen worden sein. Dafür spricht, dass Schwerhörige hohe mentale Beanspruchung mit einer subjektiv empfundenen Höranstrengung verbinden (Kramer et al. 2006). Wiederkehrende oder häufig auftretende Stresserlebnisse wie bspw. tägliche Höranstrengungen könnten die Alphaaktivität längerfristig supprimieren. Dies wird bekräftigt durch eine nachgewiesene verminderte Alphaaktivität bei stark gestressten älteren Probanden während zwei aufeinanderfolgender, mentaler Experimente (Marshall et al. 2015). Die Autoren postulierten, dass häufig wiederkehrende Stresserlebnisse die kognitiven Funktionen bei älteren Probanden beeinflussen können (sichtbar in einer Alphawellenverringerung). Die beobachteten Gruppenunterschiede in den Alphaparametern der vorliegenden Arbeit ergeben sich aus den Ruhe- und Höraufgabenwerten. Betrachtet man nur die Ruhewerte fällt erneut auf, dass die leicht Schwerhörigen bereits in Ruhe stärker belastet sind. Dafür spricht die im Vergleich zu den normalhörigen Kontrollen vorliegende höhere Alphawellenfrequenz sowie die niedrigere spektrale Leistungsdichte der leicht Schwerhörigen zur Ruhebedingung. Die genannten Unterschiede erreichten in den zugehörigen Post-Hoc-Tests keine statistische Signifikanz. Trotzdem deuten die Unterschiede auf eine bereits zur Ruhebedingung vorliegende, höhere

kognitive Belastung der leicht Schwerhörigen hin. Dies wird unterstützt durch die Systematik in den bisher betrachteten Parametern bezüglich der höheren Ruhewerte der leicht Schwerhörigen. Es sollte überdies darauf hingewiesen werden, dass die subjektive emotionale Bewertung des Stressors (Höraufgabe) einen Einfluss auf die veränderten Ruhewerte der leicht Schwerhörigen gehabt haben könnte. So könnte es sein, dass die leicht Schwerhörigen die akustische Aufgabenstellung von vornherein anders bewerteten (als bspw. höhere Anforderung) als die Normalhörigen. Bei Hanslmayr et al. (2005) konnten niedrigere Alphaaktivitäten als Ausdruck höherer kortikaler Aktivierung vor Beginn einer mentalen Aufgabe gemessen werden. Er demonstrierte, dass die niedrigere Alphaaktivität vor Beginn der Aufgabe einen Einfluss auf den Erfolg bzw. die Leistung in der Aufgabe hatten. Seiner Meinung nach wirkte die vorzeitige kortikale Aktivierung als eine Art Vorbereitung für die darauffolgende Aufgabenbewerkstelligung.

Abschließend wird das Antwortverhalten der Studienteilnehmer erörtert.

6.1.3 Verhaltensparameter

Reaktionszeit

Die leicht Schwerhörigen reagierten signifikant schneller als die Normalhörigen. Dies signalisiert eine erhöhte Reaktionsbereitschaft. Es widerlegt damit die 3. Hypothese, dass die leicht Schwerhörigen langsamer antworten würden als die Probanden der Kontrollgruppe.

Fehler

Weiterhin machten die Teilnehmer der Kontrollgruppe insgesamt mehr Fehler als die leicht Schwerhörigen. Dieser Unterschied fiel jedoch gering aus und konnte keine statistische Signifikanz erreichen. Die Annahme, dass die leicht Schwerhörigen mehr Fehler produzieren würden (3. Hypothese) muss abgelehnt werden. Vielmehr ergibt sich der Eindruck, dass die leicht schwerhörigen Teilnehmer gleich viele bzw. sogar weniger Fehler machten. Dies würde für eine gleiche bzw. bessere Leistung sprechen. Die ebenfalls nachgewiesene höhere Reaktionsbereitschaft der leicht Schwerhörigen würde damit im Einklang stehen.

Verpasste Antworten

Insgesamt schienen die leicht Schwerhörigen mehr Antworten zu verpassen als die Kontrollen. Jedoch streuten die Standardfehler in der Gruppe der leicht Schwerhörigen mehr. Zudem war der Unterschied zwischen den Gruppen nicht signifikant. Damit ergibt sich kein Beleg für die Annahme, dass die leicht Schwerhöriger mehr Antworten verpassen würden (3. Hypothese).

Zusammenfassung der Diskussion der Verhaltensparameter

Insgesamt zeigt sich, dass die leicht Schwerhörigen eine höhere Reaktionsbereitschaft aufwiesen als die Normalhörigen. Unterstützt wird dies durch die bei ihnen beobachtete signifikant schnellere Reaktionszeit. Die niedrigere Anzahl an Fehlern unterschied sich zwar nicht signifikant von der gering erhöhten Fehleranzahl der Normalhörigen. Sie deutet dennoch in die Richtung einer erhöhten Reaktionsbereitschaft der leicht Schwerhörigen. Im Kontrast dazu steht das Ergebnis der verpassten Antworten. Diese schienen höher zu sein. Der Gruppeneffekt erreichte jedoch keine statistische Signifikanz. Insgesamt betrachtet ergaben die Ergebnisse der Antwortparameter allesamt keinen (verpasste Antworten und Fehler) bzw. einen gegenteiligen Effekt als erwartet (Reaktionszeit). Die 3. Hypothese muss daher abgelehnt werden. Die ursprüngliche Vermutung, dass die leicht Schwerhörigen langsamer reagieren und mehr Fehler machen würden, ergab sich aus der Annahme, dass die leicht Schwerhörigen aufgrund ihrer Hörbeeinträchtigung sowie ihrer größeren Höranstrengung in akustischen Aufgaben schlechter abschneiden müssten. Dass Schwerhörigkeit mit größerer Höranstrengung verbunden ist, konnte besonders in Untersuchungen an älteren Probanden nachgewiesen werden (Kramer et al. 1997, Kuchinsky et al. 2016, McCoy et al. 2005, Zekveld et al. 2011). Weiterhin zeigte sich in akustischen Aufgabenstellungen, dass Hörschädigung bei Älteren mit schlechterer Leistung und einer langsameren Verarbeitung bei Aufgaben mit Spracherkennung einhergehen kann (Humes 2007, Seldran et al. 2011, Stewart und Wingfield 2009, Tun et al. 2010). Dies kann in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Unterschiede zu der vorliegenden Studie sind offenbar, dass in den soeben genannten Studien nur ältere Probanden und deren Sprachverständnis untersucht wurden. In der vorliegenden Studie wurden jedoch junge gesunde Probanden mit und ohne Hörschädigung vor und während eines

akustischen Tonunterscheidungsparadigma untersucht. Diese Unterschiede könnten Gründe sein, warum sich in dieser Studie nicht übereinstimmende Beobachtungen (Fehler und verpasste Antworten) bzw. konträre Effekte (Reaktionszeit) in den Antwortparametern im Vergleich zu den zuvor genannten Studien ergeben haben. Besonders die signifikant schnellere Reaktionszeit der leicht Schwerhörigen verweist auf ihre höhere Reaktionsbereitschaft. Dies ergänzt sich mit den Befunden der Alphaaktivität und der endokrin-vegetativen Parameter. Diese lieferten Hinweise auf eine allgemein höhere kognitive Aktivität und Stressbelastung im Vergleich zu den normalhörigen gesunden Kontrollen. Zudem könnte die erhöhte Reaktionsbereitschaft eine Folge der bereits zur Ruhesituation vorliegenden erhöhten kortikalen Aktivierung sein. Wie bereits erwähnt scheint eine höhere kortikale Aktivierung vor Beginn einer mentalen Aufgabe einen positiven Effekt auf die Aufgabenleistung zu haben (Hanslmayr et al. 2005). Daher scheint es nicht unplausibel, dass eine erhöhte kortikale Aktivierung vor Aufgabenbeginn mit erhöhter Reaktionsbereitschaft einhergeht.

Bisher wurden die Ergebnisse aller Parameter betrachtet, ohne Bezug auf die verschiedenen Höraufgabenszenarien (mit/ohne Rauschen; adaptiv/nicht adaptiv) zu nehmen. Die verschiedenen Aufgabenbedingungen wurden, sofern sich Hinweise für einen Einfluss der Höraufgabenszenarien auf die Parameter ergaben, statistisch ausgewertet. Es folgt in den weiteren Abschnitten die Erörterung der Ergebnisse der verschiedenen Aufgabenszenarien.

6.2 Bedeutung der Höraufgabenszenarien

Nicht alle Parameter wurden bezüglich der verschiedenen Höraufgabenszenarien ausgewertet. Ausgewertet wurden nur diejenigen Parameter, bei denen sich Hinweise ergaben, dass sie durch die Aufgabenszenarien beeinflusst worden sein könnten. Darunter befanden sich die HF, der Rmssd-Wert, die AF, die Alphawellenwerte und die Verhaltensparameter. Von diesen werden zunächst die peripher-physiologischen Parameter (HF, HRV-Rmssd, AF) betrachtet.

Insgesamt unterschieden sich die Stressreaktionen aller Studienteilnehmer zwischen den verschiedenen Aufgabenszenarien. Ein signifikanter Effekt

(Haupteffekt des Faktors Aufgabe) ergab sich jedoch nur bei dem HRV-Parameter Rmssd. Die verschiedenen Szenarien der Aufgaben (mit/ohne Rauschen, adaptiv/nicht adaptiv) waren folglich unterschiedlich anspruchsvoll. Weiterhin zeigte sich beim Vergleich der Mittelwerte der verschiedenen Aufgaben, dass alle Teilnehmer höheren Stress während der Aufgaben mit Rauschen erfuhren als während der Aufgaben ohne Rauschen. Dieser Effekt erreichte allerdings nur für den Rmssd-Parameter im Post-Hoc-Test (mRnA vs. oRnA) statistische Signifikanz. Die Aufgabe „mRnA“ schien außerdem besonders anspruchsvoll zu sein. Dies sieht man daran, dass hier die Mittelwerte der peripher-physiologischen Parameter aller Studienteilnehmer am höchsten (AF, HF) bzw. niedrigsten (Rmssd) ausfielen. Der nicht adaptive Modus, bei dem der zu erkennende Frequenzunterschied gleich blieb, könnte also neben dem Hintergrundrauschen für zusätzlichen Stress gesorgt haben. Bei Betrachtung der adaptiven und nicht adaptiven Aufgaben ergaben sich wenig Unterschiede. Beide Modi scheinen bei allen Probanden ähnlich viel Stress hervorzurufen. Ferner waren keine Gruppenunterschiede in den Stressreaktionen zwischen den Höraufgaben zu finden (Interaktion der Faktoren Gruppe*Aufgabe). Beide Gruppen erfuhren vergleichbaren Stress durch die verschiedenen Höraufgabenszenarien. Ein wahrscheinlicher Grund für die vergleichbaren Stressreaktionen könnte die geringe Schwerhörigkeit der Probanden gewesen sein. Bei Einschluss von Personen mit ausgeprägter Schwerhörigkeit ließen sich womöglich Gruppenunterschiede zwischen den Höraufgaben finden.

Nachfolgend werden die kognitiven Belastungsparameter (Alphawellen-Frequenz und Alphawellen-Leistungsdichte) näher betrachtet. In beiden Parametern zeigten sich bei allen Studienteilnehmern zwischen den Aufgaben keine signifikanten Unterschiede in der kognitiven Belastung (kein signifikanter Haupteffekt des Faktors Aufgabe). Zwischen den Gruppen hingegen zeigten sich Unterschiede in der kognitiven Belastung in den einzelnen Aufgaben (Interaktion der Faktoren Gruppe*Aufgabe). Diese Unterschiede erreichten nur in der spektralen Leistungsdichte der Alphawellen ein statistisch signifikantes Niveau. Dies untermauert die Erkenntnisse anderer Autoren, dass die spektrale Leistungsdichte ein sensibler Marker für die kognitive Belastung, die eine Aufgabe erzeugt, ist (Fournier et al. 1999, Stipacek et al. 2003, Brouwer et al. 2014). Die Interaktion in

den Faktoren Gruppe*Aufgabe entstand dadurch, dass sich die spektrale Leistungsdichte der Kontrollgruppe stärker zwischen den einzelnen Aufgaben veränderte als die der leicht Schwerhörigen. In den dazugehörigen Post-Hoc-Tests erreichte allerdings nur der Unterschied zwischen der Aufgabe „oRA“ und „oRnA“ statistische Signifikanz. Dass nur hier statistische Signifikanz erreicht wurde, liegt womöglich an den niedrigen Standardfehlern. Die größeren Unterschiede in der spektralen Leistungsdichte der Normalhörigen sprechen zunächst einmal dafür, dass die Normalhörigen mehr auf die Aufgaben zu reagieren scheinen als die leicht Schwerhörigen. Bei den leicht Schwerhörigen zeigten sich kaum Veränderungen zwischen den Aufgaben. Gleichzeitig fällt aber auf, dass sie insgesamt unter größerer mentaler Anstrengung stehen als die Normalhörigen und sich in den Ruhephasen kaum erholen. Dies sieht man an der insgesamt höheren Alphafrequenz und der insgesamt niedrigeren spektralen Leistungsdichte der Alphawellen. Die Höraufgabenszenarien sind also alle gleich anstrengend für die leicht Schwerhörigen. Auch die Aufgaben ohne Rauschen führen zu keiner Erholung. Die Normalhörigen indes sind insgesamt entspannter. Sie können sich in bestimmten Aufgaben schneller erholen. Dies lässt sich u.a. an der starken Alphazunahme in der Aufgabe ohne Rauschen erkennen. In Übereinstimmung damit zeigten sich auch die Ergebnisse der peripher-physiologischen Parameter. Hier konnte man sehen, dass die Aufgaben ohne Rauschen den geringsten Stress (hoher Rmssd, niedrige HF und AF) bei den Normalhörigen hervorriefen.

Zuletzt werden die Verhaltensparameter und ihre Veränderung während der einzelnen Höraufgaben analysiert. Es zeigte sich, dass alle Probanden annähernd gleich schnell in den verschiedenen Höraufgabenszenarien reagierten (kein signifikanter Haupteffekt des Faktors Aufgabe). Das deutet darauf hin, dass die unterschiedlichen Höraufgabenszenarien keinen Einfluss auf die Reaktionszeit der Probanden ausübten. Sie scheinen sich aber auf die Fehleranzahl ausgewirkt zu haben. Denn in diesem Parameter ergaben sich signifikante Unterschiede in den verschiedenen Höraufgabenszenarien (Haupteffekt des Faktors Aufgabe). Dabei ist zu erkennen, dass alle Probanden in den nicht adaptiven Aufgaben weniger Fehler begingen. Die Fehleranzahl der Gruppen ähnelte sich darüber hinaus. Das verdeutlicht, dass beide Gruppen den festgelegten Frequenzabstand von 63 Hz

gleich gut diskriminieren konnten. Weiterhin wird deutlich, dass die adaptiven Aufgaben schwerer waren, da hier mehr Fehler begangen wurden. Die Fehleranzahlen der Gruppen glichen einander. Dies ist eine beabsichtigte Folge des experimentellen Designs, da der adaptive Modus durch Anpassung des Schweregrades an die verübten Fehler, gleich schwere Bedingungen hervorrufen sollte. Für die verpassten Antworten konnte kein Haupteffekt für den Faktor Aufgabe festgestellt werden. Demnach hatten die Höraufgabenszenarien keine Auswirkung auf die Anzahl an verpassten Antworten.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass der Rmssd-Parameter und die spektrale Leistungsdichte der Alphawellen den Stress und die kognitive Belastung, die die Höraufgaben erzeugten, am besten abbilden konnten. Die anderen Parameter waren entweder nicht sensitiv genug oder die Unterschiede zwischen den Aufgaben waren zu fein, um detektiert werden zu können. Es zeigte sich weiterhin, dass die Aufgaben mit Rauschen bei allen Probanden mehr Stress erzeugten als die Aufgaben ohne Rauschen. Die Ergebnisse der kognitiven Parameter sprechen dafür, dass die leicht Schwerhörigen während aller Höraufgaben gleich stark belastet waren und sich auch während der Ruhephasen kaum erholen konnten. Im Gegensatz dazu zeigten die Befunde der Normalhörigen, dass diese insgesamt weniger stark beansprucht waren und sich häufiger zwischen den Höraufgaben erholen konnten. Die permanent hohe kognitive Belastung der leicht Schwerhörigen weist darauf hin, dass die leicht Schwerhörigen konstant unter hoher Beanspruchung stehen. Es deckt sich zudem mit dem signifikanten Haupteffekt des Faktors Gruppe der spektralen Leistungsdichte der Alphawellen. Darüber hinaus passt die Beobachtung des allgemein erhöhten Cortisolspiegels der leicht Schwerhörigen zu dem Befund der permanent hohen kognitiven Belastung. In den Verhaltensparameter ergab sich kein Hinweis darauf, dass die leicht Schwerhörigen von bestimmten Aufgabenbedingungen (bspw.) beanspruchter bzw. gestresster gewesen wären als die Normalhörigen. Das verdeutlicht, dass alle Aufgaben von beiden Gruppen als vergleichbar schwer empfunden wurden.

6.3 Vergleichsversuche zwischen Vor- und Hauptversuch

Beim Vergleich der Versuchsergebnisse von Vorversuch und Hauptversuch fällt auf, dass der Vorversuch insgesamt mehr Stress erzeugte als der Hauptversuch. Dies sieht man an den signifikant unterschiedlichen Herzfrequenzen aller Teilnehmer (Haupteffekt des Faktors Versuch). Im Vorversuch hatten alle Teilnehmer höhere Herzfrequenzen als im Hauptversuch. Besonders auffällig ist es bei den leicht Schwerhörigen. Bei ihnen waren die Herzfrequenzen im Vorversuch signifikant höher als im Hauptversuch. Die Sauerstoffsättigungen hingegen blieben während beider Versuche recht stabil (kein signifikanter Haupteffekt des Faktors Versuch). Der höhere Stress im Vorversuch könnte an der Methode gelegen haben. Diese unterschied sich von der Methodik im Hauptversuch dahingehend, dass in einer Reihe von Tonpaaren Töne voneinander unterschieden werden mussten. Im Hauptversuch wurde verlangt, in einer Reihe von einzelnen Tönen den nächsten vom vorherigen Ton zu unterscheiden. Außerdem sollte im Vorversuch nur auf diejenigen Tonpaare reagiert werden, die sicher differenziert werden konnten. Das könnte dazu geführt haben, dass sich die Probanden stärker anstregten bzw. anstrengen mussten. Das wiederum könnte den insgesamt höheren Stress aller Studienteilnehmer im Vorversuch erzeugt haben. Es zeichnet sich hiermit zudem ab, dass die signifikant höhere Herzfrequenz der leicht Schwerhörigen im Vorversuch durch ihre vergleichsweise stärkere Höranstrengung entstanden sein könnte. Die Vermutung, dass insbesondere die Höranstrengung ein großer Stressfaktor im Leben der Schwerhörigen ist, wird damit bestärkt. Darüber hinaus reagierten beide Gruppen im Vorversuch signifikant langsamer auf die Aufgaben als im Hauptversuch (signifikanter Haupteffekt des Faktors Versuch). Das könnte ebenfalls daran gelegen haben, dass nur auf sicher zu diskriminierende Töne reagiert werden sollte. Das längere Nachdenken könnte die Verzögerung der Reaktionszeit bewirkt haben.

Im Vergleichsversuch waren wiederkehrende Effekte zu erkennen. So zeigte sich im Parameter der HF die signifikante Interaktion der Faktoren Gruppe*Bedingung sowohl im Vorversuch als auch im Hauptversuch. Hierbei wurde in beiden Versuchen ein größerer Herzfrequenzanstieg in der Kontrollgruppe beobachtet. Auch die unterschiedlichen Ruhewerte zwischen den Gruppen offenbarten sich in

beiden Versuchen, wobei die leicht Schwerhörigen nicht nur im Haupt- sondern auch im Vorversuch höhere Ruhewerte aufwiesen. Zudem wurde für den Parameter Reaktionszeit der signifikante Haupteffekt des Faktors Gruppe in beiden Versuchen beobachtet. Es bleibt festzuhalten, dass sich die Effekte des Vorversuches auch im Hauptversuch reproduzieren ließen. Die Methodik könnte somit als reliabel betrachtet werden.

7. Schlussfolgerungen

Einen großen Bestandteil dieser Arbeit stellte das Erarbeiten eines neuen Versuchsdesigns dar. Dieses sollte sich zur Erfassung von Stress bei Personen mit und ohne Hörschaden eignen. Das entwickelte Versuchsdesign wurde anschließend im Rahmen einer Pilotstudie an jungen gesunden Probanden mit und ohne Hörschädigung getestet. Das etablierte Versuchsdesign soll ferner eine Grundlage für nachfolgende Studien bieten, die Stress- und Belastungsreaktionen bei berufsbedingt Lärmschwerhörigen untersuchen werden. Basierend auf den Ergebnissen peripher-physiologischer Parameter, zentraler Parameter und Verhaltensparameter ergeben sich nun die folgenden Schlussfolgerungen sowie daraus abgeleitete Empfehlungen.

Die zu Anfang aufgestellten Hypothesen müssen auf Grund der Ergebnisse dieser Studie abgewiesen werden. Es wurde postuliert, dass die leicht Schwerhörigen mehr Stress bei Bearbeitung akustischer Aufgaben erfahren würden als Normalhörige. Die Ergebnisse boten dafür jedoch keinen Anhalt. Sie deuten vielmehr in eine andere Richtung. Sie verweisen auf das Vorhandensein einer grundlegend veränderten vegetativen und endokrinen Stress- sowie kognitiven Belastungsreaktion der leicht Schwerhörigen. Die grundlegend veränderten Stressreaktionen könnten durch eine alltäglich bzw. chronisch vorhandene Stressbelastung hervorgerufen worden sein. Als Ursache des chronischen Stresses kommen am ehesten die häufigen und vergleichsweise stärkeren Höranstrengungen der leicht Schwerhörigen in Frage. Eine weitere Ursache könnte auch der durch die Höranstrengung erlebte psychosoziale Stress sein. Die grundlegend veränderten Stress- und Belastungsreaktionen werden zum einen durch die signifikanten Interaktionen (der Faktoren Gruppe*Bedingung) der vegetativen Parameter (HF, Rmssd) im Zusammenspiel mit deren veränderten Ruhewerten zwischen den Gruppen verdeutlicht. Diese sind am ehesten Ausdruck einer erhöhten Ausgangsbelastung oder einer verminderten Erholungsreaktion der leicht Schwerhörigen. Zum anderen verweisen die signifikanten bzw. tendenziellen Gruppeneffekte (Haupteffekt des Faktors Gruppe) der Alphawellen, des endokrinen Biomarkers Cortisol und der Reaktionszeit auf grundlegende Änderungen der Stress- und Belastungsreaktionen der leicht Schwerhörigen.

Diese lassen erkennen, dass die leicht Schwerhörigen einer insgesamt höheren kognitiven Belastung und einem insgesamt höheren Stresslevel ausgesetzt sind. Die zusätzlich durchgeführten Vergleichsversuche bestärken ferner die Glaubhaftigkeit der beobachteten Effekte. Anhand der Ergebnisse konnte darüber hinaus demonstriert werden, dass sich die Methode für das Erheben von Stressreaktionen bei Personen mit und ohne Hörschaden eignet. Die Verwendung verschiedener Höraufgabenszenarien zeigte, dass das Szenario mit Rauschen bei allen Probanden eine physiologische Stressreaktion auslöste. Es empfiehlt sich dieses Szenario in zukünftigen Studien beizubehalten, da es dem natürlichen Umgebungsrauschen des Alltags nachgeahmt ist und daher einen größeren Realitätsbezug aufweist. Die adaptiven Aufgaben erzeugten bei allen Probanden gleich schwere Bedingungen. Auch diese werden für Nachfolgearbeiten oder ähnlich angedachte Studien empfohlen. Es muss darauf hingewiesen werden, dass die beobachteten und genannten Effekte durch psychische und subjektive Bewertungen beeinflusst worden sein könnten. Die leicht Schwerhörigen könnten sich von Anfang an ihrer Hörschwäche und der damit verbundenen Probleme bei der Bewältigung einer akustischen Aufgabe bewusst gewesen sein. Diese subjektive Wahrnehmung könnte zu einem erhöhten Stresszustand beigetragen haben. Um einen möglichen Einfluss subjektiver Wahrnehmungen zu erfassen, sollten in Nachfolgestudien ausführlichere Fragebögen Bestandteil der Methode sein. Darin sollten gezielt Fragen zur subjektiven Einschätzung der Hörschädigung, damit einhergehenden Belastungen und Fragen zur Testanforderung gestellt werden. Außerdem sollte ein Abgleich von möglichst vielen stressbezogenen Störfaktoren stattfinden.

Die etablierte Methode kann mit den vorgeschlagenen Verbesserungen für nachfolgende Studien empfohlen werden. Ziel dieser nachfolgenden Studien sollte es sein, Patienten mit einer ausgeprägten Lärmschwerhörigkeit in Bezug auf Stressreaktionen zu untersuchen.

8. Literatur- und Quellenverzeichnis

- Backs RW, Seljos KA. 1994. Metabolic and cardiorespiratory measures of mental effort: the effects of level of difficulty in a working memory task. *Int J Psychophysiol*, 16 (1):57-68.
- Baltes-Götz B 2016. 16.05.2016, 10:32 Uhr. Generalisierte lineare Modelle und GEE-Modelle in SPSS Statistics [Online Artikel]. <https://www.uni-trier.de/index.php?id=51455>.
- Beattie RC, Barr T, Roup C. 1997. Normal and hearing-impaired word recognition scores for monosyllabic words in quiet and noise. *Br J Audiol*, 31 (3):153-164.
- Behrends JC, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S, Grissmer S, et al. 2010. *Duale Reihe: Physiologie*. erste Aufl. Stuttgart: Georg Thieme, 100-106, 538-542.
- Bertoli S, Probst R, Bodmer D. 2011. Late auditory evoked potentials in elderly long-term hearing-aid users with unilateral or bilateral fittings. *Hear Res*, 280 (1-2):58-69.
- Birbaumer N, Schmidt RF. 2010a. *Biologische Psychologie*. 7te Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin, 150.
- Birbaumer N, Schmidt RF. 2010b. *Biologische Psychologie*. 7te Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin, 102-113, 126-133, 149-156.
- Birbaumer N, Schmidt RF. 2010c. *Biologische Psychologie*. 7te Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin, 151.
- Birbaumer N, Schmidt RF. 2010d. *Biologische Psychologie*. 7te Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin, 468-470.
- Boenninghaus HG, Lenarz T. 2007. *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. 13te Aufl. Heidelberg: Springer Medizin 32-44.
- Bohnen N, Houx P, Nicolson N, Jolles J. 1990. Cortisol reactivity and cognitive performance in a continuous mental task paradigm. *Biol Psychol*, 31 (2):107-116.
- Brouwer AM, Hogervorst MA, Holewijn M, van Erp JB. 2014. Evidence for effects of task difficulty but not learning on neurophysiological variables associated with effort. *Int J Psychophysiol*, 93 (2):242-252.
- Burton H, Firszt JB, Holden T, Agato A, Uchanski RM. 2012. Activation lateralization in human core, belt, and parabelt auditory fields with unilateral deafness compared to normal hearing. *Brain Res*, 1454:33-47.
- Burton P, Gurrin L, Sly P. 1998. Extending the simple linear regression model to account for correlated responses: an introduction to generalized estimating equations and multi-level mixed modelling. *Stat Med*, 17 (11):1261-1291.
- Campbell J, Sharma A. 2013. Compensatory changes in cortical resource allocation in adults with hearing loss. *Front Syst Neurosci*, 7:71.
- Cinaz B, Arnrich B, La Marca R, Troster G. 2013. Monitoring of mental workload levels during an everyday life office-work scenario. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17 (2):229-239.
- Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. 1999. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*, 341 (18):1351-1357.

- Cooper BG, Veale D, Griffiths CJ, Gibson GJ. 1991. Value of nocturnal oxygen saturation as a screening test for sleep apnoea. *Thorax*, 46 (8):586-588.
- Delb W, Praetorius M. 2004. Physiologie und Pathophysiologie der Hörwahrnehmung. *Sprache· Stimme· Gehör*, 28 (02):51-59.
- Dieroff HG. 1994. Lärmschwerhörigkeit. dritte Aufl. Jena: Gustav Fischer Verlag, 157-190.
- Emmerich E, Rudel L, Richter F. 2008. Is the audiologic status of professional musicians a reflection of the noise exposure in classical orchestral music? *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 265 (7):753-758.
- Engelmann M. 2012. Untersuchung von Komponenten akustisch evozierter Potentiale an schwerhörigen Industriearbeitern. [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.
- Epstein S, Roupenian A. 1970. Heart rate and skin conductance during experimentally induced anxiety: the effect of uncertainty about receiving a noxious stimulus. *J Pers Soc Psychol*, 16 (1):20-28.
- Feldman PJ, Cohen S, Hamrick N, Lepore SJ. 2004. Psychological stress, appraisal, emotion and Cardiovascular response in a public speaking task. *Psychology & Health*, 19 (3):353-368.
- Fournier LR, Wilson GF, Swain CR. 1999. Electrophysiological, behavioral, and subjective indexes of workload when performing multiple tasks: manipulations of task difficulty and training. *Int J Psychophysiol*, 31 (2):129-145.
- Gaab J, Rohleder N, Nater UM, Ehler U. 2005. Psychological determinants of the cortisol stress response: the role of anticipatory cognitive appraisal. *Psychoneuroendocrinology*, 30 (6):599-610.
- Gentsch G. 2010. Differenzierung reiner und verstimmter Akkorde bei hörgeschädigten Berufsmusikern. Eine Analyse akustisch evozierter Potentiale. [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.
- Gopinath B, Hickson L, Schneider J, McMahon CM, Burlutsky G, Leeder SR, et al. 2012. Hearing-impaired adults are at increased risk of experiencing emotional distress and social engagement restrictions five years later. *Age Ageing*, 41 (5):618-623.
- Grippe AJ, Beltz TG, Johnson AK. 2003. Behavioral and cardiovascular changes in the chronic mild stress model of depression. *Physiol Behav*, 78 (4-5):703-710.
- Grippe AJ, Moffitt JA, Johnson AK. 2008. Evaluation of baroreceptor reflex function in the chronic mild stress rodent model of depression. *Psychosom Med*, 70 (4):435-443.
- Günther J. 2015. In welchem Maße beeinträchtigt Gehörschutz das Differenzierungsvermögen von Klängen bei Berufsmusikern klassischer Orchester? Eine MMN-Studie [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.
- Haberl R. 2003. EKG pocket: das Vademecum. vierte Aufl. Grünwald: Börm Bruckmeier, 15.
- Hanley JA, Negassa A, Edwards MD, Forrester JE. 2003. Statistical analysis of correlated data using generalized estimating equations: an orientation. *Am J Epidemiol*, 157 (4):364-375.
- Hanslmayr S, Klimesch W, Sauseng P, Gruber W, Doppelmayr M, Freunberger R, et al. 2005. Visual discrimination performance is related to decreased alpha amplitude but increased phase locking. *Neurosci Lett*, 375 (1):64-68.
- Heger D, Holube I. 2010. Wie viele Menschen sind Schwerhörig? *Zeitschrift für Audiologie*, 49 (2):61-70.

- Hellbrück J, Ellermeier W. 2004a. Hören: Physiologie, Psychologie und Pathologie. zweite Aufl. Göttingen: Hogrefe, 91-123.
- Hellbrück J, Ellermeier W. 2004b. Hören: Physiologie, Psychologie und Pathologie. zweite Aufl. Göttingen: Hogrefe, 163-175.
- Hellhammer DH, Wust S, Kudielka BM. 2009. Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology*, 34 (2):163-171.
- Hogervorst MA, Brouwer AM, van Erp JB. 2014. Combining and comparing EEG, peripheral physiology and eye-related measures for the assessment of mental workload. *Front Neurosci*, 8:322.
- Humes LE. 2007. The contributions of audibility and cognitive factors to the benefit provided by amplified speech to older adults. *J Am Acad Audiol*, 18 (7):590-603.
- Huppelsberg J, Walter K. 2005a. Kurzlehrbuch Physiologie. zweite Aufl. Stuttgart: Georg Thieme, 113-115.
- Huppelsberg J, Walter K. 2005b. Kurzlehrbuch Physiologie. zweite Aufl. Stuttgart: Georg Thieme, 122-124, 130-134.
- Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al. 1994. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*, 24 (6):1529-1535.
- Ising H, Sust CA, Plath P. 2004. Lärmwirkungen: Gehör, Gesundheit, Leistungen. Quartbroschüre: Gesundheitsschutz, 4. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Kanno A, Nakasato N, Murayama N, Yoshimoto T. 2000. Middle and long latency peak sources in auditory evoked magnetic fields for tone bursts in humans. *Neurosci Lett*, 293 (3):187-190.
- Karnath H-O, Thier P. 2012. Kognitive Neurowissenschaften. dritte Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer, 24-26.
- Karpa MJ, Gopinath B, Beath K, Rochtchina E, Cumming RG, Wang JJ, et al. 2010. Associations between hearing impairment and mortality risk in older persons: the Blue Mountains Hearing Study. *Ann Epidemiol*, 20 (6):452-459.
- Karrasch M, Krause CM, Laine M, Lang AH, Lehto M. 1998. Event-related desynchronization and synchronization during an auditory lexical matching task. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 107 (2):112-121.
- Kirschbaum C, Hellhammer DH. 1999. Noise and Stress - Salivary Cortisol as a Non-Invasive Measure of Allostatic Load. *Noise Health*, 1 (4):57-66.
- Kirschbaum C, Wust S, Hellhammer D. 1992a. Consistent sex differences in cortisol responses to psychological stress. *Psychosom Med*, 54 (6):648-657.
- Kirschbaum C, Wust S, Faig HG, Hellhammer DH. 1992b. Heritability of cortisol responses to human corticotropin-releasing hormone, ergometry, and psychological stress in humans. *J Clin Endocrinol Metab*, 75 (6):1526-1530.
- Klinger E, Gregoire KC, Barta SG. 1973. Physiological correlates of mental activity: eye movements, alpha, and heart rate during imagining, suppression, concentration, search, and choice. *Psychophysiology*, 10 (5):471-477.
- Klinke R, Pape HC, Silbernagl S. 2005. Physiologie. 5te Aufl. Stuttgart: Georg Thieme, 538-543.

- Kramer SE, Kapteyn TS, Houtgast T. 2006. Occupational performance: comparing normally-hearing and hearing-impaired employees using the Amsterdam Checklist for Hearing and Work. *Int J Audiol*, 45 (9):503-512.
- Kramer SE, Kapteyn TS, Festen JM, Kuik DJ. 1997. Assessing aspects of auditory handicap by means of pupil dilatation. *Audiology*, 36 (3):155-164.
- Kuchinsky SE, Vaden KI, Jr., Ahlstrom JB, Cute SL, Humes LE, Dubno JR, et al. 2016. Task-Related Vigilance During Word Recognition in Noise for Older Adults with Hearing Loss. *Exp Aging Res*, 42 (1):50-66.
- Lehnhardt E, Laszig R. 2009. *Praxis der Audiometrie*. 9te Aufl. Stuttgart: Georg Thieme, 1-15, 47-52.
- Leuwer M, Zuzan O, Trappe HJ, Schürmeyer TH. 2005. Checkliste interdisziplinäre Intensivmedizin. zweite Aufl. Stuttgart: Georg Thieme ,51.
- Li LP, Shiao AS, Chen LF, Niddam DM, Chang SY, Lien CF, et al. 2006. Healthy-side dominance of middle- and long-latency neuromagnetic fields in idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Eur J Neurosci*, 24 (3):937-946.
- Lin FR, Yaffe K, Xia J, Xue QL, Harris TB, Purchase-Helzner E, et al. 2013. Hearing loss and cognitive decline in older adults. *JAMA Intern Med*, 173 (4):293-299.
- Löllgen H. 1999. Serie: Neue Methoden in der kardialen Funktionsdiagnostik – Herzfrequenzvariabilität. *Dt Arztebl* 96 (31-32):A-2029–2032.
- Mackersie CL, MacPhee IX, Heldt EW. 2015. Effects of hearing loss on heart rate variability and skin conductance measured during sentence recognition in noise. *Ear Hear*, 36 (1):145-154.
- Malik M, et al. 1996. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J*, 17 (3):354-381.
- Marshall AC, Cooper NR, Segrave R, Geeraert N. 2015. The effects of long-term stress exposure on aging cognition: a behavioral and EEG investigation. *Neurobiol Aging*, 36 (6):2136-2144.
- Matthys H, Seeger W. 2002. *Klinische Pneumologie*. dritte Aufl. Heidelberg: Springer Medizin, 104.
- McCoy SL, Tun PA, Cox LC, Colangelo M, Stewart RA, Wingfield A. 2005. Hearing loss and perceptual effort: downstream effects on older adults' memory for speech. *Q J Exp Psychol A*, 58 (1):22-33.
- McEwen BS. 2000. Allostasis and allostatic load: implications for neuropsychopharmacology. *Neuropsychopharmacology*, 22 (2):108-124.
- McEwen BS, Seeman T. 1999. Protective and damaging effects of mediators of stress. Elaborating and testing the concepts of allostasis and allostatic load. *Ann N Y Acad Sci*, 896:30-47.
- Mezzacappa ES, Kelsey RM, Katkin ES, Sloan RP. 2001. Vagal rebound and recovery from psychological stress. *Psychosom Med*, 63 (4):650-657.
- Miller GE, Chen E, Zhou ES. 2007. If it goes up, must it come down? Chronic stress and the hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis in humans. *Psychol Bull*, 133 (1):25-45.

- Miller R, Plessow F, Rauh M, Groschl M, Kirschbaum C. 2013. Comparison of salivary cortisol as measured by different immunoassays and tandem mass spectrometry. *Psychoneuroendocrinology*, 38 (1):50-57.
- Mitchell JH. 1985. Cardiovascular control during exercise: central and reflex neural mechanisms. *Am J Cardiol*, 55 (10):34D-41D.
- Monat A, Averill JR, Lazarus RS. 1972. Anticipatory stress and coping reactions under various conditions of uncertainty. *J Pers Soc Psychol*, 24 (2):237-253.
- Moore BC. 1973. Frequency difference limens for short-duration tones. *J Acoust Soc Am*, 54 (3):610-619.
- Mulrow CD, Aguilar C, Endicott JE, Velez R, Tuley MR, Charlip WS, et al. 1990. Association between hearing impairment and the quality of life of elderly individuals. *J Am Geriatr Soc*, 38 (1):45-50.
- Myrtek M, Weber D, Brugner G, Muller W. 1996. Occupational stress and strain of female students: results of physiological, behavioral, and psychological monitoring. *Biol Psychol*, 42 (3):379-391.
- Nachtegaal J, Festen JM, Kramer SE. 2011. Hearing Ability and its Relationship with Psychosocial Health, Work-Related Variables, and Health Care Use: The National Longitudinal Study on Hearing. *Audiol Res*, 1 (1):e9.
- Nachtegaal J, Kuik DJ, Anema JR, Goverts ST, Festen JM, Kramer SE. 2009a. Hearing status, need for recovery after work, and psychosocial work characteristics: results from an internet-based national survey on hearing. *Int J Audiol*, 48 (10):684-691.
- Nachtegaal J, Smit JH, Smits C, Bezemer PD, van Beek JH, Festen JM, et al. 2009b. The association between hearing status and psychosocial health before the age of 70 years: results from an internet-based national survey on hearing. *Ear Hear*, 30 (3):302-312.
- Nicolson NA. 1992. Stress, coping and cortisol dynamics in daily life. In: Csikszentmihalyi M, Vries M, Hrsg. *The Experience of Psychopathology: Investigating Mental Disorders in their Natural Settings*. Cambridge: Cambridge University Press, 219-232.
- Nielsen HB. 2003. Arterial desaturation during exercise in man: implication for O₂ uptake and work capacity. *Scand J Med Sci Sports*, 13 (6):339-358.
- Pfurtscheller G, Lopes da Silva FH. 1999. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clin Neurophysiol*, 110 (11):1842-1857.
- Plomp R. 1978. Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. *J Acoust Soc Am*, 63 (2):533-549.
- Plomp R. 1986. A signal-to-noise ratio model for the speech-reception threshold of the hearing impaired. *J Speech Hear Res*, 29 (2):146-154.
- Rohmann M. 2012. Analyse von akustisch evozierten Potentialen nach reinen und verstimten Akkorden bei hörgesunden Musikern und Nichtmusikern [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.
- Rosburg T. 2003. Left hemispheric dipole locations of the neuromagnetic mismatch negativity to frequency, intensity and duration deviants. *Brain Res Cogn Brain Res*, 16 (1):83-90.
- Sandvik L, Erikssen J, Ellestad M, Erikssen G, Thaulow E, Mundal R, et al. 1995. Heart rate increase and maximal heart rate during exercise as predictors of cardiovascular mortality: a 16-year follow-up study of 1960 healthy men. *Coron Artery Dis*, 6 (8):667-679.

- Scherer KR. 1985. Stress und Emotion: Ein Ausblick. In: Scherer KR, Wallbott HG, Tolkmitt F, Bergmann G, Hrsg. Die Stressreaktion: Physiologie und Verhalten. Göttingen: Hogrefe, 195-205.
- Schmithorst VJ, Holland SK, Ret J, Duggins A, Arjmand E, Greinwald J. 2005. Cortical reorganization in children with unilateral sensorineural hearing loss. *Neuroreport*, 16 (5):463-467.
- Sek A, Moore BC. 1995. Frequency discrimination as a function of frequency, measured in several ways. *J Acoust Soc Am*, 97 (4):2479-2486.
- Seldran F, Gallego S, Micheyl C, Veuillet E, Truy E, Thai-Van H. 2011. Relationship between age of hearing-loss onset, hearing-loss duration, and speech recognition in individuals with severe-to-profound high-frequency hearing loss. *J Assoc Res Otolaryngol*, 12 (4):519-534.
- Steenbeck J. 2002. Cortical auditorisch evozierte Magnetfelder bei Hörgesunden und bei Patienten mit sensorineuraler Hörminderung. [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.
- Stewart R, Wingfield A. 2009. Hearing loss and cognitive effort in older adults' report accuracy for verbal materials. *J Am Acad Audiol*, 20 (2):147-154.
- Stipacek A, Grabner RH, Neuper C, Fink A, Neubauer AC. 2003. Sensitivity of human EEG alpha band desynchronization to different working memory components and increasing levels of memory load. *Neurosci Lett*, 353 (3):193-196.
- Sztajzel J. 2004. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Med Wkly*, 134 (35-36):514-522.
- Taelman J, Vandeput S, Vlemincx E, Spaepen A, Van Huffel S. 2011. Instantaneous changes in heart rate regulation due to mental load in simulated office work. *Eur J Appl Physiol*, 111 (7):1497-1505.
- Thayer JF, Ahs F, Fredrikson M, Sollers JJ, 3rd, Wager TD. 2012. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neurosci Biobehav Rev*, 36 (2):747-756.
- Tun PA, Benichov J, Wingfield A. 2010. Response latencies in auditory sentence comprehension: effects of linguistic versus perceptual challenge. *Psychol Aging*, 25 (3):730-735.
- Turner JR, Carroll D. 1985. Heart rate and oxygen consumption during mental arithmetic, a video game, and graded exercise: further evidence of metabolically-exaggerated cardiac adjustments? *Psychophysiology*, 22 (3):261-267.
- Vos T, Allen C, Arora M, Barber RM, Bhutta ZA, Brown A, et al. 2016. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*, 388 (10053):1545-1602.
- Wallhagen MI, Strawbridge WJ, Kaplan GA. 1996. 6-year impact of hearing impairment on psychosocial and physiologic functioning. *Nurse Pract*, 21 (9):11-14.
- Wallhagen MI, Strawbridge WJ, Shema SJ, Kurata J, Kaplan GA. 2001. Comparative impact of hearing and vision impairment on subsequent functioning. *J Am Geriatr Soc*, 49 (8):1086-1092.
- Weisz N, Moratti S, Meinzer M, Dohrmann K, Elbert T. 2005. Tinnitus perception and distress is related to abnormal spontaneous brain activity as measured by magnetoencephalography. *PLoS Med*, 2 (6):e153.

- WHO-PDH. 1991. Report of the Informal Working Group on Prevention of Deafness and Hearing Impairment, Programme Planning. Genf: World Health Organization.
- Wientjes CJ. 1992. Respiration in psychophysiology: methods and applications. *Biol Psychol*, 34 (2-3):179-203.
- Wientjes CJ, Veltman JA, Gaillard AW. 1996. Cardiovascular and respiratory responses during a complex decision-making task under prolonged isolation. *Adv Space Biol Med*, 5:133-155.
- Williamson SJ, Kaufman L, Lu ZL, Wang JZ, Karron D. 1997. Study of human occipital alpha rhythm: the alphon hypothesis and alpha suppression. *Int J Psychophysiol*, 26 (1-3):63-76.
- Zahnert T. 2011. Differenzialdiagnose der Schwerhörigkeit. *Dtsch Arztebl International*, 108 (25):433-444.
- Zeger SL, Liang KY. 1986. Longitudinal data analysis for discrete and continuous outcomes. *Biometrics*, 42 (1):121-130.
- Zekveld AA, Kramer SE, Festen JM. 2011. Cognitive load during speech perception in noise: the influence of age, hearing loss, and cognition on the pupil response. *Ear Hear*, 32 (4):498-510.
- Zenner HP. 2007. Die Kommunikation des Menschen: Hören und Sprechen. In: Schmidt RF, Lang F, Thews G, Hrsg. *Physiologie des Menschen*. 29te Aufl. Heidelberg: Springer, 334-356.
- Zhang YT, Geng ZJ, Zhang Q, Li W, Zhang J. 2006. Auditory cortical responses evoked by pure tones in healthy and sensorineural hearing loss subjects: functional MRI and magnetoencephalography. *Chin Med J (Engl)*, 119 (18):1548-1554.

9. Anhang

Eine ausführliche Übersicht über die Ergebnisse dieser Arbeit befindet sich auf der CD, die zusammen mit dieser Arbeit eingereicht wurde.

9.1 Erhebungsmaterialien

ANAMNESEBOGEN

Allgemeine Fragen

Sind in Ihrem Körper Metallteile (z.B. Metallprothese, Gefäßclips, Granatsplitter, Schrittmacher)?

☐ ja ☐ nein

Sind Sie schwanger/könnten Sie schwanger sein?

☐ ja ☐ nein

Tragen Sie eine Brille oder Kontaktlinsen?

☐ nein ☐ Brille ☐ Kontaktlinsen

Stärke:

Für Brillenträger: besitzen und vertragen Sie Kontaktlinsen?

☐ ja ☐ nein

Körpergröße, -gewicht: cm kg

Geschlecht:

Alter:

Händigkeit:

☐ Rechtshänder ☐ Linkshänder

Fragen zum Hören

Hören Sie schwer?

☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, in welchem Bereich?

☐ hohe Töne ☐ tiefe Töne

Einseitig oder beidseitig?

☐ Einseitig ☐ Beidseitig

Seit wann sind Sie schwerhörig und wie ist der Verlauf der Hörminderung?
(gleichbleibend, zunehmend, plötzlich zunehmend/verschlimmernd)

Gab es einen Auslöser für die Schwerhörigkeit?

Welchen Beruf üben Sie aus?

Sind Sie /waren Sie oft Lärm oder lauten Geräuschen ausgesetzt? Wenn ja, was für Lärm und wie oft?

Wenn ja, wurde Lärmschutz getragen?

Wie sehr empfinden Sie Lärm bzw. laute Geräusche als störend?

☐ kaum ☐ mäßig ☐ sehr

Sind Sie musikalisch (Spielen Sie ein Instrument oder singen Sie im Chor? Seit wann?)?

Fragen zur Gesundheit

Sind Sie eine eher stress-resistente Person?

☐ ja ☐ nein

Wie häufig machen Sie Sport?

☐ täglich
☐ mehrmals pro Woche
☐ mehrmals im Monat
☐ nie

Rauchen Sie?

☐ ja ☐ nein

Haben Sie Bluthochdruck?

☐ ja ☐ nein

Sind Sie Diabetiker?

☐ ja ☐ nein

Leiden Sie an einer Stoffwechselerkrankung (Schilddrüse, Nebenniere...)?

Leiden Sie an einer neurologischen Erkrankung (Epilepsie, Schlaganfall, Tinnitus, Schwindel, Gleichgewichtsstörung...)?

Leiden Sie an einer psychiatrischen Erkrankung (Angststörung, Wahrnehmungsstörung, Sucht (Alkohol/Drogen), Depression...)?

Leiden Sie an einer Herz-Kreislauf- und/oder Lungenerkrankung? (Koronare Herzkrankheit, Herz-Rhythmusstörung, Asthma, COPD...)

Wurden bei Ihnen in letzter Zeit größere OP-Eingriffe durchgeführt oder kam es zu Unfällen mit schweren Kopfverletzungen? Wenn ja, wann und was?

Haben Sie schon einmal Hörprobleme gehabt? Bitte beschreiben Sie den Vorfall genauer (Hörsturz...).

Was für Medikamente nehmen Sie?

Haben Sie in den letzten 12 Stunden Medikamente eingenommen?

Zustand allgemein

Fällt es Ihnen schwer, sich zu entspannen?

Sehr 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 gar nicht

Ärgern Sie sich schnell?

Sehr 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 gar nicht

Sind Sie oft aufgeregt, hektisch, unruhig?

Sehr 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 gar nicht

Momentaner Zustand

Fühlen Sie sich zurzeit gestresst? (Studium, Beruf, Privat)

Sehr 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 gar nicht

Sind Sie momentan angespannt oder aufgewühlt?

Sehr 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 gar nicht

Fühlen Sie sich momentan traurig?

Sehr 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 gar nicht

Fühlen Sie sich zurzeit belastet?

Sehr 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 gar nicht

FRAGEBOGEN VOR DER UNTERSUCHUNG

1. Haben Sie in der letzten Stunde geraucht?

Ja Nein

2. Haben Sie in der letzten Stunde etwas getrunken (außer Wasser) oder gegessen?

Ja Nein

3. Haben Sie in der letzten Stunde Ihre Zähne geputzt?

Ja Nein

4. Sind Sie zurzeit erkältet oder sonst körperlich angeschlagen (z.B. Magen-Darm-Infekt...)?

Ja Nein

5. Haben Sie kürzlich gute oder schlechte Nachrichten erhalten?

Ja Nein

6. Waren Sie kürzlich in einen Streit verwickelt?

Ja Nein

9.2 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Arbeit unterstützten.

Meinen besonderen Dank möchte ich Herrn Dr. rer. nat. R. Huonker und Frau Dr. rer. nat. E. Emmerich aussprechen für die ausgezeichnete Betreuung, die zielführenden Diskussionen sowie motivierenden Worte während der gesamten Bearbeitungsphase meiner Dissertation.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. D. Hoyer, Frau Dr. rer. nat. T. Götz, Herrn Dipl.-Psych. P. Baumbach und Herrn S. Clauß bedanken für die fachliche Unterstützung, fortwährenden und geduldigen Hilfestellungen sowie konstruktiven Ratschläge.

Für einen komplikationslosen Ablauf und häufige Hilfe während der Messungen sorgte Frau T. Radtke. Dafür und für die vielen heiteren Gespräche möchte ich ihr danken.

Weiterer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. O. W. Witte, Herrn Prof. Dr. F. Richter, Herrn Dr. rer. nat. M. Ebbinghaus und Frau. J. Struppert, die mich ebenfalls fachlich und organisatorisch unterstützten.

Die hervorragende Arbeits-Atmosphäre im Team, die allzeit gute Zusammenarbeit sowie der fürsorgliche Umgang miteinander trugen zu einem äußerst angenehmen Arbeitsumfeld bei. Auch dafür möchte ich mich noch einmal bei allen herzlichst bedanken!

Weiterer Dank gebührt der Berufsgenossenschaft für Nahrungsmittel und Gastgewerbe, die mich mit einem Stipendium zur Bearbeitung der Promotion unterstützten.

Zu guter Letzt möchte ich mich ganz herzlich bei meiner Familie, meinem Freund sowie allen Freunden bedanken, die mir während der gesamten Bearbeitungsphase der Promotion geduldig und mit Rat und Tat zur Seite standen.

9.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Anamnese der Stichprobe mit statistischen Kennwerten	24
Tabelle 2 Frequenzabstände im Ton-Diskriminationsschwellenversuch	27
Tabelle 3 Gruppenstatistik der Hörschwelle	37
Tabelle 4 Gruppenstatistik der Ton-Diskriminationsschwelle	38
Tabelle 5 Modelleffekte der Herzfrequenz im Vorversuch	39
Tabelle 6 Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Bedingung und für Gruppe im Vorversuch	39
Tabelle 7 Modelleffekte der SpO2 im Vorversuch	40
Tabelle 8 Geschätzte Randmittel der SpO2 für Bedingung u. für Gruppe im Vorversuch	40
Tabelle 9 Gruppenstatistik der Reaktionszeit	41
Tabelle 10 Gruppenstatistik der Fehler und verpassten Antworten	42
Tabelle 11 Modelleffekte der Herzfrequenz im Hauptversuch	42
Tabelle 12 Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Bedingung und für Gruppe im Hauptversuch	42
Tabelle 13 Modelleffekte des Aufgabenmodells der Herzfrequenz	44
Tabelle 14 Modelleffekte des Rmssd	45
Tabelle 15 Geschätzte Randmittel des Rmssd für Bedingung und für Gruppe	45
Tabelle 16 Modelleffekte des Aufgabenmodells des Rmssd	46
Tabelle 17 Geschätzte Randmittel des Rmssd für Gruppe*Aufgabe	46
Tabelle 18 Geschätzte Randmittel des Rmssd für die Aufgaben	46
Tabelle 19 Post-Hoc-Tests des Rmssd für Gruppe*Bedingung*Aufgabe	47
Tabelle 20 Modelleffekte der Atemfrequenz im Hauptversuch	48
Tabelle 21 Geschätzte Randmittel der Atemfrequenz für Bedingung und für Gruppe im Hauptversuch	48
Tabelle 22 Modelleffekte des Aufgabenmodells der Atemfrequenz	49
Tabelle 23 Geschätzte Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Aufgabe	49
Tabelle 24 Modelleffekte der Sauerstoffsättigung im Hauptversuch	50
Tabelle 25 Einflussfaktoren des Biomarkers Cortisol	51
Tabelle 26 Modelleffekte des Cortisols	52
Tabelle 27 Geschätzte Randmittel des Cortisols für Bedingung und für Gruppe	52
Tabelle 28 Modelleffekte der Alpha-Frequenz	53
Tabelle 29 Geschätzte Randmittel der Alpha-Frequenz für Bedingung und für Gruppe	53
Tabelle 30 Modelleffekte des Aufgabemodells der Alpha-Frequenz	54
Tabelle 31 Post-Hoc-Tests der Alpha-Frequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe	55

Tabelle 32 Modelleffekte der PSD	56
Tabelle 33 Geschätzte Randmittel der PSD für Bedingung und für Gruppe.....	56
Tabelle 34 Modelleffekte des Aufgabenmodells der PSD	57
Tabelle 35 Geschätzte Randmittel der PSD für Gruppe*Aufgabe	57
Tabelle 36 Geschätzte Randmittel der PSD für Aufgabe*Bedingung	57
Tabelle 37 Modelleffekte der Reaktionszeit im Hauptversuch	59
Tabelle 38 Geschätzte Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe u. für Aufgabe im Hauptversuch.....	59
Tabelle 39 Modelleffekte der Fehler im Hauptversuch	60
Tabelle 40 Geschätzte Randmittel der Fehler für Gruppe u. für Aufgabe im Hauptversuch.....	60
Tabelle 41 Modelleffekte der verpassten Antworten im Hauptversuch.....	61
Tabelle 42 Geschätzte Randmittel der verpassten Antworten für Gruppe und für Aufgabe	61
Tabelle 43 Post-Hoc-Tests der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Versuch*Aufgabe	63

9.4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Ablauf des Hauptversuchs mit Darstellung des „one-back“-task.....	28
Abbildung 2. Darstellung der vier verschiedenen Hörszenarien.....	30
Abbildung 3. Darstellung der Bestimmung der Frequenzunterschiedsschwelle.	31
Abbildung 4. Frequenz und spektrale Leistungsdichte im Peak der Alphawellen im Leistungsspektrum bei einem leicht schwerhörigen Probanden.	33
Abbildung 5. Ton-Audiogramme der Normalhörigen und der leicht Schwerhörigen.	37
Abbildung 6. Boxplot der Ton-Diskriminationsschwelle.	38
Abbildung 7. Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung im Vorversuch.....	40
Abbildung 8. Abbildung der geschätzten Randmittel der SpO2 für Gruppe*Bedingung im Vorversuch.....	41
Abbildung 9. Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung.	43
Abbildung 10. Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe.	44
Abbildung 11. Abbildung der geschätzten Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung.	45
Abbildung 12. Abbildung der geschätzten Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung*Aufgabe.	47
Abbildung 13. Abbildung der geschätzten Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung im Hauptversuch.....	48
Abbildung 14. Abbildung der geschätzten Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe.	50
Abbildung 15. Abbildung der geschätzten Randmittel der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung.....	51
Abbildung 16. Abbildung der geschätzten Randmittel des Cortisols für Gruppe*Bedingung.....	52
Abbildung 17. Abbildung der geschätzten Randmittel der Alpha-Frequenz für Gruppe*Bedingung.	53
Abbildung 18. Abbildung der geschätzten Randmittel der Alpha-Frequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe.	55
Abbildung 19. Abbildung der geschätzten Randmittel der PSD für Gruppe*Bedingung.....	56
Abbildung 20. Abbildung der geschätzten Randmittel der PSD für Gruppe*Bedingung*Aufgabe. ..	58
Abbildung 21. Abbildung der geschätzten Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe*Aufgabe.....	59
Abbildung 22: Abbildung der geschätzten Randmittel der Fehler für Gruppe*Aufgabe.....	60
Abbildung 23. Abbildung der geschätzten Randmittel der verpassten Antworten für Gruppe*Aufgabe.	61
Abbildung 24. Vergleich der Herzfrequenzwerte.	62
Abbildung 25. Vergleich der Sauerstoffsättigungswerte.	63
Abbildung 26. Vergleich der Reaktionszeiten.....	64

9.5 Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Herr Dr. rer. nat. R. Huonker, Frau Dr. rer. nat. E. Emmerich, Herr Prof. Dr.-Ing. habil. D. Hoyer

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Berlin, den 29. April 2017

Constanze Agathe Rosa Gorf, Verfasserin

Anhang: Ergebnisteil

Inhaltsverzeichnis

I.	Legende.....	4
1	Vorversuch	5
1.1	Stichprobe	5
1.2	Hörschwelle	5
1.2.1	Audiogramme.....	5
1.2.2	T-Test.....	6
1.3	Ton-Diskriminationsschwelle	7
1.3.1	Boxplot.....	7
1.3.2	T-Test.....	7
1.4	Herzfrequenz	8
1.4.1	Boxplot.....	8
1.4.2	Generalized Linear Models	8
1.4.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung	11
1.5	Sauerstoffsättigung.....	11
1.5.1	Boxplot.....	11
1.5.2	Generalized Linear Models	12
1.5.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung	14
1.6	Reaktionszeit.....	14
1.6.1	Boxplot.....	14
1.6.2	T-Test.....	14
1.7	Fehler	15
1.7.1	Boxplot.....	15
1.7.2	T-Test.....	16
1.8	Verpasste Antworten	16
1.8.1	Boxplot.....	16
1.8.2	T-Test.....	17
2	Hauptversuch	18
2.1	Herzfrequenz	18
2.1.1	Boxplot.....	18

2.1.2	Generalized Linear Models	18
2.1.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung	20
2.1.4	Generalized Linear Models: Aufgabenmodell	21
2.1.5	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung*Aufgabe ..	36
2.2	Herzfrequenzvariabilität	37
2.2.1	Boxplot	37
2.2.2	Generalized Linear Models	37
2.2.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung	39
2.2.4	Generalized Linear Models: Aufgabenmodell	40
2.2.5	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung*Aufgabe ..	55
2.3	Atemfrequenz	56
2.3.1	Boxplot	56
2.3.2	Generalized Linear Models	56
2.3.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung	58
2.3.4	Generalized Linear Models: Aufgabenmodell	59
2.3.5	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung*Aufgaben	74
2.4	Sauerstoffsättigung	75
2.4.1	Boxplot	75
2.4.2	Generalized Linear Models	75
2.4.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung	77
2.5	Cortisol	78
2.5.1	Boxplot	78
2.5.2	Generalized Linear Models	78
2.5.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung	80
2.6	Frequenz des Peaks im Alfaband	81
2.6.1	Boxplot	81
2.6.2	Generalized Linear Models	81
2.6.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung	83
2.6.4	Generalized Linear Models: Aufgabenmodell	84
2.6.5	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung*Aufgabe ..	99
2.7	Spektrale Leistungsdichte des Peaks im Alfaband (PSD)	100
2.7.1	Boxplot	100
2.7.2	Generalized Linear Models	100
2.7.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung	102

2.7.4	Generalized Linear Models: Aufgabenmodell	103
2.7.5	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung*Aufgabe ..	118
2.8	Reaktionszeit.....	119
2.8.1	Boxplot.....	119
2.8.2	Generalized Linear Models	119
2.8.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Aufgabe	124
2.9	Fehler	124
2.9.1	Boxplot.....	124
2.9.2	Generalized Linear Models	124
2.9.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Aufgabe	129
2.10	Verpasste Antworten	130
2.10.1	Boxplot.....	130
2.10.2	Generalized Linear Models.....	130
2.10.3	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Aufgabe	135
3	Vergleich der Vorversuchs- mit den Hauptversuchsergebnissen	136
3.1	Herzfrequenz.....	136
3.1.1	Generalized Linear Models	136
3.1.2	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Versuch*Bedingung ..	144
3.2	Sauerstoffsättigung.....	145
3.2.1	Generalized Linear Models	145
3.2.2	Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Versuch*Bedingung ..	150
3.3	Reaktionszeit.....	151
3.3.1	Generalized Linear Models	151
3.3.2	Graphik zu Estimated Marginal Means	153
4	Abbildungs-und Tabellenverzeichnis	154

I. Legende

- Gruppe 1 - Normalhörig
- Gruppe 2 - leicht Schwerhörig
- Bedingung 0 - Ruhe
- Bedingung 1 - Höraufgabe
- Versuch 1 - Vorversuch
- Versuch 2 - Hauptversuch

1 Vorversuch

1.1 Stichprobe

Dateien:

SPSS-Daten: Vorversuch_Stichprobe.sav

SPSS-Output: Vorversuch_Stichprobe.spv, Vorversuch_Stichprobe1.spv

1.2 Hörschwelle

1.2.1 Audiogramme

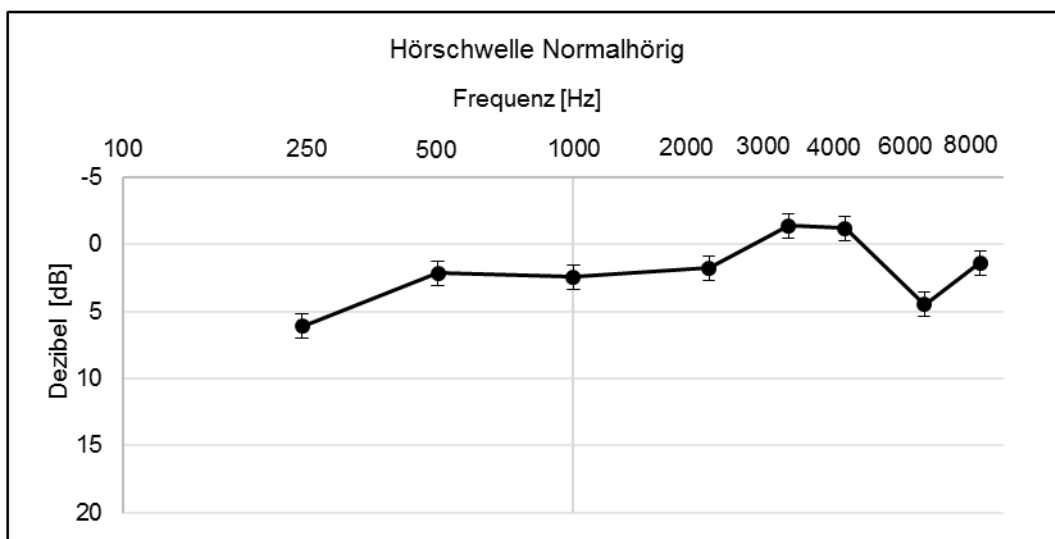


Abbildung 1: Ton-Audiogramm der Normalhörigen

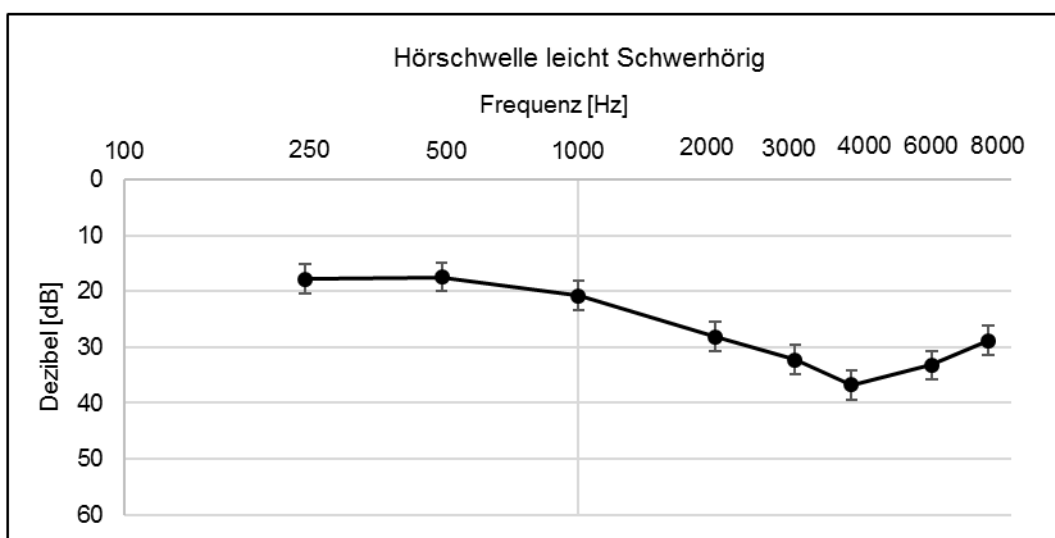


Abbildung 2: Ton-Audiogramm der leicht Schwerhörigen

1.2.2 T-Test

Hier wurden die gemittelten Hörschwellenwerte aus drei und vier kHz als Schwellenwert verwendet

Dateien:

SPSS-Daten: Vorversuch_Hörschwelle.sav

SPSS-Output: Vorversuch_Hörschwelle.spv

Tabelle 1: Gruppenstatistik Hörschwelle

Group Statistics					
	Gruppe	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Schwelle	normalhörend	15	27,64094	5,779729	1,492320
	leicht hörgemindert	10	44,03773	13,659321	4,319456

Tabelle 2: T-Test Hörschwelle

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Schwelle	Equal variances assumed	13,141	,001	-4,157	23	,000	-16,396791	3,944237	-24,556067	-8,237514
	Equal variances not assumed			-3,588	11,174	,004	-16,396791	4,569981	-26,436131	-6,357450

Diskrimination	Equal										
sschwelle	variances	13,141	,001	-4,157	23	,000	-16,396791	3,944237	-24,556067	-8,237514	
	assumed										
	Equal										
	variances			-3,588	11,174	,004	-16,396791	4,569981	-26,436131	-6,357450	
	not										
	assumed										

1.4 Herzfrequenz

1.4.1 Boxplot

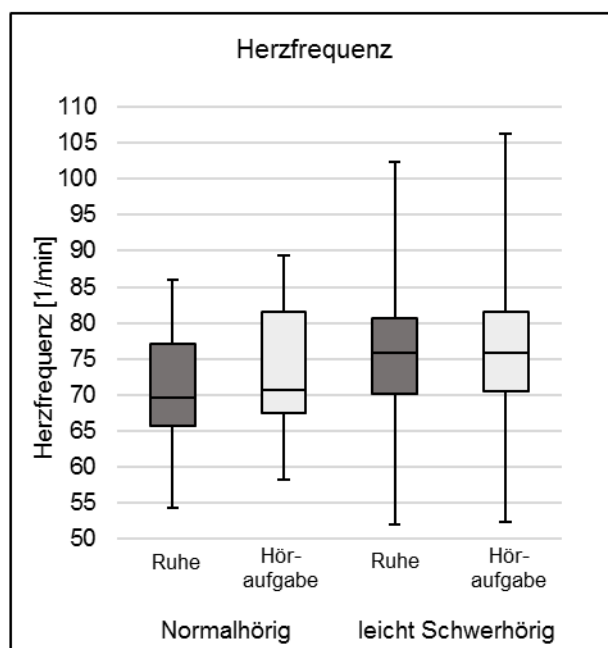


Abbildung 4: Boxplot Herzfrequenz (Vorversuch)

1.4.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Vorversuch.sav

SPSS-Output: Vorversuch_Herzfrequenz.spv

Tabelle 5: Modelleffekte Herzfrequenz (Vorversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1644,459	1	,000

Gruppe	1,270	1	,260
Bedingung	17,366	1	,000
Gruppe * Bedingung	4,108	1	,043

Dependent Variable: Herzfrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

Tabelle 6: Parameterschätzungen Herzfrequenz (Vorversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	76,845	3,0711	70,825	82,864	626,091	1	,000
[Gruppe=1]	-3,411	3,6930	-10,649	3,827	,853	1	,356
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	-,764	,5194	-1,782	,254	2,164	1	,141
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	-1,447	,7140	-2,847	-,048	4,108	1	,043
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	113,197						

Dependent Variable: Herzfrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 7: Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung (Vorversuch)

Estimates					
Gruppe	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	71,22238	2,023628	67,25614	75,18862
	Höraufgabe	73,43378	2,051066	69,41376	77,45379
leicht Schwerhörig	Ruhe	76,08051	3,073505	70,05655	82,10447
	Höraufgabe	76,84467	3,071108	70,82541	82,86393

Tabelle 8: Paarweisen Vergleiche der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung (Vorversuch)

Pairwise Comparisons							
(I) Gruppe*Bedingung	(J) Gruppe*Bedingung	Mean Difference (I- J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-2,21140 ^a	,489941	1	,000	-3,50399	-,91881
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-4,85813	3,679879	1	1,000	-14,56660	4,85034
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-5,62230	3,677876	1	,758	-15,32548	4,08089
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	2,21140 ^a	,489941	1	,000	,91881	3,50399
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-2,64673	3,695038	1	1,000	-12,39519	7,10173
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-3,41089	3,693044	1	1,000	-13,15409	6,33230
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	4,85813	3,679879	1	1,000	-4,85034	14,56660
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	2,64673	3,695038	1	1,000	-7,10173	12,39519
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-,76417	,519421	1	,847	-2,13453	,60620
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	5,62230	3,677876	1	,758	-4,08089	15,32548
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	3,41089	3,693044	1	1,000	-6,33230	13,15409

[Gruppe=2]* [Bedingung =0]						
	,76417	,519421	1	,847	-,60620	2,13453

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Herzfrequenz

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

1.4.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung

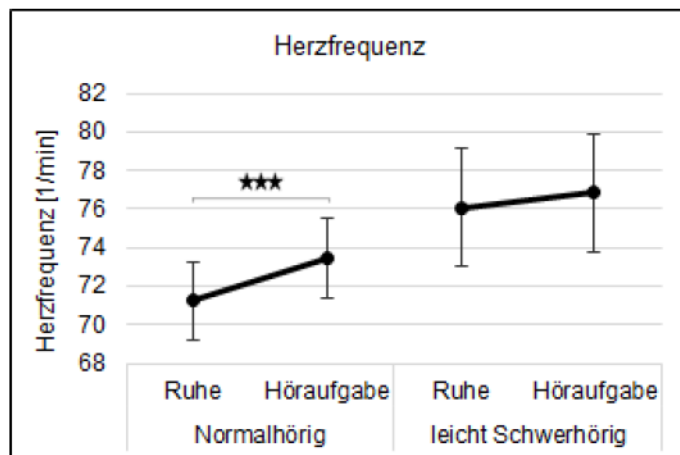


Abbildung 5: Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung (Vorversuch)

1.5 Sauerstoffsättigung

1.5.1 Boxplot

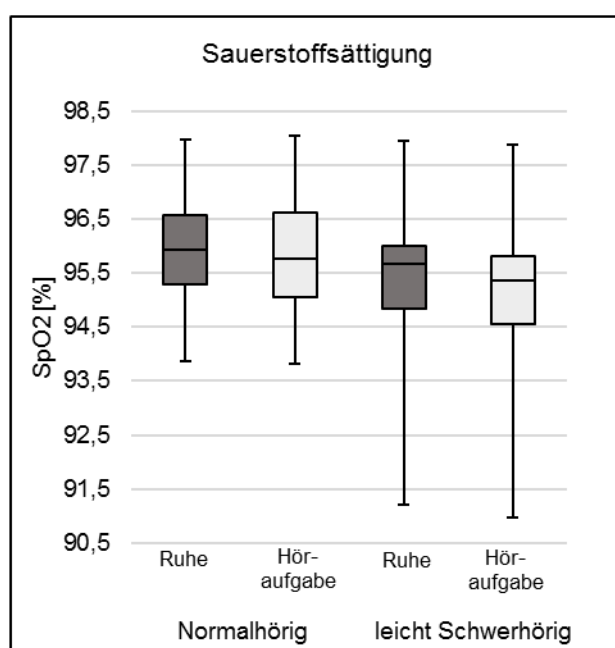


Abbildung 6: Boxplot Sauerstoffsättigung (Vorversuch)

1.5.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Vorversuch.sav

SPSS-Output: Vorversuch_Sauerstoffsättigung.spv

Tabelle 9: Modelleffekte Sauerstoffsättigung (Vorversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	150192,270	1	,000
Gruppe	2,088	1	,148
Bedingung	9,678	1	,002
Gruppe * Bedingung	,345	1	,557

Dependent Variable: Sauerstoffsättigung

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

Tabelle 10: Parameterschätzungen Sauerstoffsättigung (Vorversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	95,073	,4402	94,210	95,936	46648,887	1	,000
[Gruppe=1]	,761	,5260	-,270	1,792	2,094	1	,148
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	,305	,1198	,071	,540	6,499	1	,011
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	-,097	,1652	-,421	,227	,345	1	,557
[Bedingung=0]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
(Scale)	2,067						

Dependent Variable: Sauerstoffsättigung

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 11: Geschätzte Randmittel der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung (Vorversuch)

Estimates					
Gruppe	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	96,04278	,248931	95,55489	96,53068
	Höraufgabe	95,83434	,288017	95,26984	96,39884
leicht Schwerhörig	Ruhe	95,37856	,401979	94,59069	96,16642
	Höraufgabe	95,07309	,440187	94,21034	95,93584

Tabelle 12: Paarweise Vergleiche der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung (Vorversuch)

Pairwise Comparisons							
(I) Gruppe*Bedingung	(J) Gruppe*Bedingung	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	,20844	,113715	1	,401	-,09157	,50845
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	,66422	,472815	1	,960	-,58318	1,91163
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	,96969	,505699	1	,331	-,36447	2,30386
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-,20844	,113715	1	,401	-,50845	,09157
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	,45578	,494511	1	1,000	-,84886	1,76043
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	,76125	,526040	1	,887	-,62658	2,14908
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-,66422	,472815	1	,960	-1,91163	,58318
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-,45578	,494511	1	1,000	-1,76043	,84886
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	,30547	,119826	1	,065	-,01066	,62160
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-,96969	,505699	1	,331	-2,30386	,36447
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-,76125	,526040	1	,887	-2,14908	,62658
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-,30547	,119826	1	,065	-,62160	,01066

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable
Sauerstoffsättigung

1.5.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung

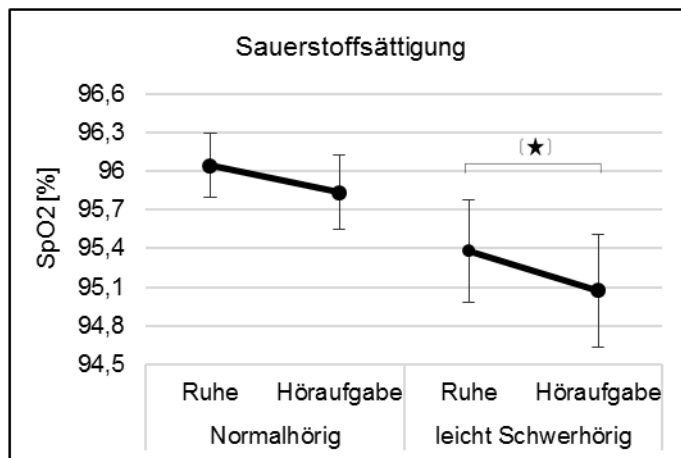
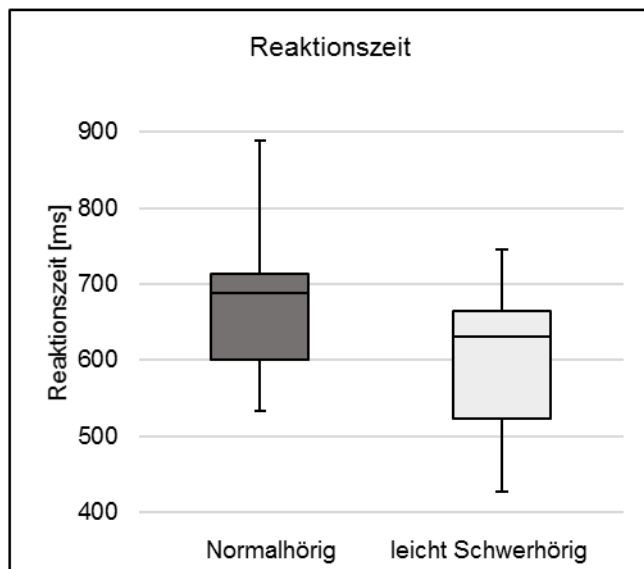


Abbildung 7: Abbildung der geschätzten Randmittel für Gruppe*Bedingung (Vorversuch)

1.6 Reaktionszeit

1.6.1 Boxplot

Abbildung 8: Boxplot Reaktionszeit (Vorversuch)



1.6.2 T-Test

Dateien:

SPSS-Daten: Vorversuch.sav

SPSS-Output: Vorversuch_Reaktionszeit.spv

Tabelle 13: Gruppenstatistik Reaktionszeit (Vorversuch)

Group Statistics					
	Gruppe	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Reaktionszeit	Normalhörig	19	674,00513	90,583673	20,78132
	leicht Schwerhörig	15	603,25049	95,738097	24,71947

Tabelle 14: T-Test Reaktionszeit (Vorversuch)

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Reaktionszeit	Equal variances assumed	0,176	0,677	2,206	32	0,035	70,754639	32,078267	5,413348	136,09593
	Equal variances not assumed			2,191	29,371	0,037	70,754639	32,294202	4,741833	136,767445

1.7 Fehler

1.7.1 Boxplot

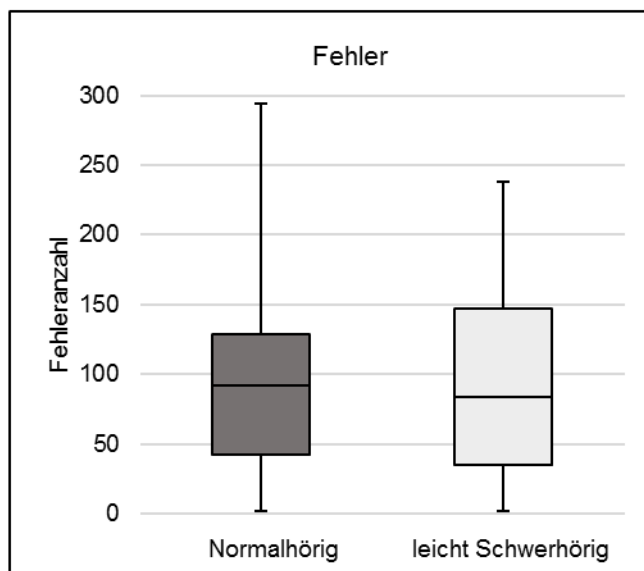


Abbildung 9: Boxplot Fehler (Vorversuch)

1.7.2 T-Test

Dateien:

SPSS-Daten: Vorversuch.sav

SPSS-Output: Vorversuch_Fehler.spv

Tabelle 15: Gruppenstatistik Fehler (Vorversuch)

Group Statistics					
	Gruppe	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Fehler	Normalhörig	19	98,0526	78,8102	18,0803
	leicht Schwerhörig	15	97,2000	82,4346	21,2845

Tabelle 16: T-Test Fehler (Vorversuch)

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Fehler	Equal variances assumed	0,171	0,682	0,031	32	0,976	0,852632	27,77534	-55,723884	57,429147
	Equal variances not assumed			0,031	29,533	0,976	0,852632	27,927191	-56,220103	57,925366

1.8 Verpasste Antworten

1.8.1 Boxplot

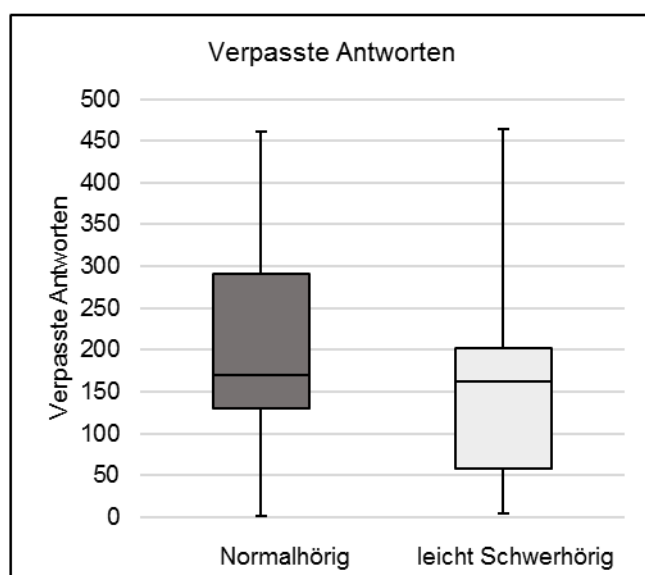


Abbildung 10: Boxplot Verpasste Antworten (Vorversuch)

1.8.2 T-Test

Dateien:

SPSS-Daten: Vorversuch.sav

SPSS-Output: Vorversuch_Verpasste_Antworten.spv

Tabelle 17: Gruppenstatistik Verpasste Antworten (Vorversuch)

Group Statistics					
	Gruppe	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Verpasste	Normalhörig	19	199	130,718952	29,988984
	leicht Schwerhörig	15	161,73333	132,071662	34,100756

Tabelle 18: T-Test Verpasste Antworten (Vorversuch)

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Verpasste	Equal variances assumed	0,044	0,836	0,822	32	0,417	37,266667	45,354776	-55,117988	129,651321
	Equal variances not assumed			0,821	30,049	0,418	37,266667	45,411461	-55,469525	130,002858

2 Hauptversuch

2.1 Herzfrequenz

2.1.1 Boxplot

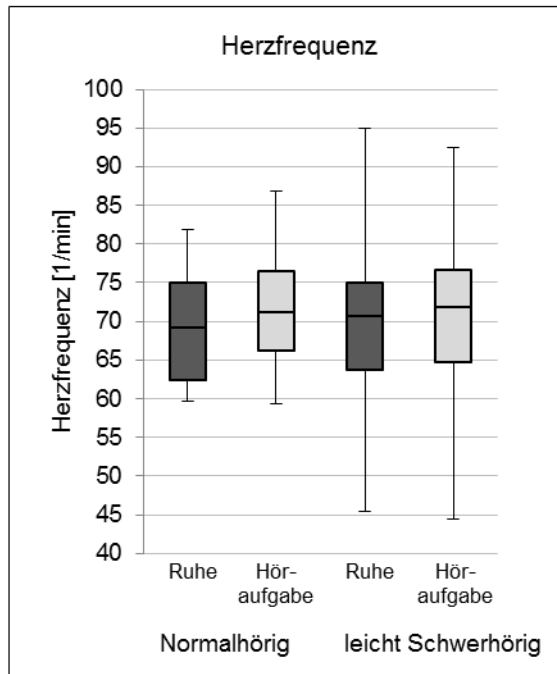


Abbildung 11: Boxplot Herzfrequenz (Hauptversuch)

2.1.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Herzfrequenz.spv

Tabelle 19: Modelleffekte Herzfrequenz (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1644,370	1	,000
Gruppe	,005	1	,944
Bedingung	18,400	1	,000
Gruppe * Bedingung	3,357	1	,067

Dependent Variable: Herzfrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

Tabelle 20: Parameterschätzungen Herzfrequenz (Hauptversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	70,654	3,0734	64,631	76,678	528,505	1	,000
[Gruppe=1]	1,000	3,4689	-5,799	7,799	,083	1	,773
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	-1,016	,5218	-2,039	,007	3,793	1	,051
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	-1,515	,8271	-3,137	,106	3,357	1	,067
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	97,104						

Dependent Variable: Herzfrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 21: Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Estimates					
Gruppe	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	69,1226	1,67374	65,8422	72,4031
	Höraufgabe	71,6544	1,60861	68,5015	74,8072
leicht Schwerhörig	Ruhe	69,6380	3,08688	63,5878	75,6881
	Höraufgabe	70,6542	3,07336	64,6305	76,6779

Tabelle 22: Paarweise Vergleiche der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
Gruppe*Bedingung	Gruppe*Bedingung						

[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-2,5317 ^a	,64174	1	,000	-4,2248	-,8387
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-,5153	3,51144	1	1,000	-9,7794	8,7487
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-1,5316	3,49956	1	1,000	-10,7643	7,7012
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	2,5317 ^a	,64174	1	,000	,8387	4,2248
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	2,0164	3,48087	1	1,000	-7,1670	11,1998
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	1,0002	3,46889	1	1,000	-8,1517	10,1520
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	,5153	3,51144	1	1,000	-8,7487	9,7794
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-2,0164	3,48087	1	1,000	-11,1998	7,1670
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-1,0162	,52183	1	,309	-2,3930	,3605
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	1,5316	3,49956	1	1,000	-7,7012	10,7643
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-1,0002	3,46889	1	1,000	-10,1520	8,1517
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	1,0162	,52183	1	,309	-,3605	2,3930

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Herzfrequenz

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

2.1.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung

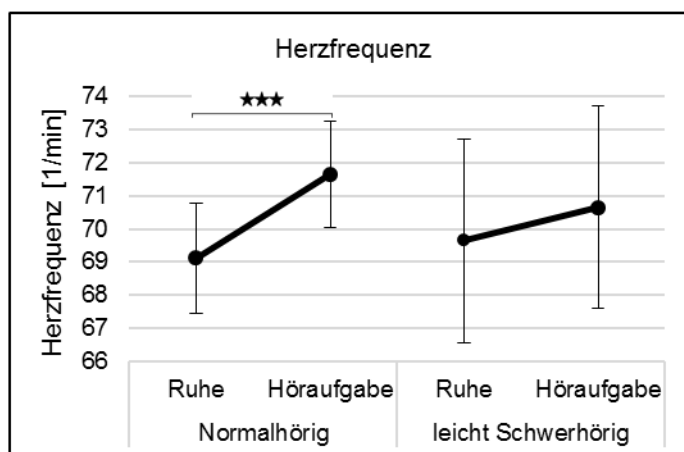


Abbildung 12: Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

2.1.4 Generalized Linear Models: Aufgabenmodell

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE_Aufgaben.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Herzfrequenz_Aufgabenmodell.spv

Tabelle 23: Modelleffekte des Aufgabenmodells Herzfrequenz (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1644,370	1	,000
Gruppe	,005	1	,944
Bedingung	18,400	1	,000
Aufgabe	3,596	3	,308
Gruppe * Bedingung	3,357	1	,067
Gruppe * Aufgabe	2,163	3	,539
Bedingung * Aufgabe	1,342	3	,719
Gruppe * Bedingung * Aufgabe	1,031	3	,794

Dependent Variable: Herzfrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Aufgabe, Gruppe * Bedingung,

Gruppe * Aufgabe, Bedingung * Aufgabe, Gruppe * Bedingung * Aufgabe

Tabelle 24: Parameterschätzungen des Aufgabenmodells Herzfrequenz (Hauptversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Interval		Wald Chi-Square	df	Sig.
			Lower	Upper			
(Intercept)	70,694	3,0956	64,626	76,761	521,518	1	,000
[Gruppe=1]	,457	3,5125	-6,427	7,342	,017	1	,896
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	-1,234	,4554	-2,127	-,341	7,342	1	,007
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]	-,144	,3686	-,866	,579	,152	1	,696
[Aufgabe=1]	-,022	,6215	-1,240	1,196	,001	1	,972
[Aufgabe=2]	,008	,4887	-,950	,966	,000	1	,987
[Aufgabe=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] * [Bedingung=0]	-1,294	,9128	-3,084	,495	2,011	1	,156

[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *	,552	,6272	-,677	1,782	,776	1	,378
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *	1,288	,9193	-,514	3,090	1,963	1	,161
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *	,331	,6411	-,926	1,587	,266	1	,606
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Bedingung=0] *	,403	,4762	-,531	1,336	,714	1	,398
[Aufgabe=0]							
[Bedingung=0] *	,385	,7386	-1,063	1,832	,272	1	,602
[Aufgabe=1]							
[Bedingung=0] *	,084	,7566	-1,399	1,566	,012	1	,912
[Aufgabe=2]							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=1] *	,036	,7889	-1,510	1,583	,002	1	,963
[Bedingung=0] *							
[Aufgabe=0]							

[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	-,864	,9193	-2,666	,937	,884	1	,347
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	-,056	,9129	-1,846	1,733	,004	1	,951
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							

[Gruppe=2] *						
[Bedingung=1] *	0 ^a					
[Aufgabe=3]						
(Scale)	100,231					

Dependent Variable: Herzfrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Aufgabe, Gruppe * Bedingung, Gruppe * Aufgabe, Bedingung * Aufgabe, Gruppe * Bedingung * Aufgabe

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 25: Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Estimates						
Gruppe	Bedingung	Aufgabe	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
					Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	mRA	69,47026	1,893093	65,75987	73,18066
		mRnA	69,40905	1,707967	66,06150	72,75661
		oRA	68,98853	1,539952	65,97028	72,00678
		oRnA	68,62268	1,756397	65,18021	72,06516
	Höraufgabe	mRA	71,55968	1,578399	68,46608	74,65329
		mRnA	72,41695	1,744454	68,99788	75,83601
		oRA	71,48974	1,609346	68,33548	74,64400
		oRnA	71,15111	1,659771	67,89801	74,40420
leicht Schwerhörig	Ruhe	mRA	69,71840	3,236307	63,37535	76,06145
		mRnA	69,82247	3,064471	63,81621	75,82872
		oRA	69,55127	2,963141	63,74362	75,35892
		oRnA	69,45973	3,213257	63,16187	75,75760
	Höraufgabe	mRA	70,54987	2,979594	64,70997	76,38976
		mRnA	70,67160	3,157895	64,48224	76,86096
		oRA	70,70167	3,161798	64,50466	76,89868
		oRnA	70,69373	3,095611	64,62645	76,76102

Tabelle 26: Paarweisen Vergleiche der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean				95% Wald Confidence	
Gruppe*Bedingung* Aufgabe	Gruppe*Bedingung* Aufgabe	Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=1]	,06121	,937267	1	1,000	-3,24668	3,36910

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,48174	,596962	1	1,000	-1,62512	2,58859
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,84758	,547083	1	1,000	-1,08324	2,77840
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,08942	,782938	1	,914	-4,85264	,67380
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,94668	1,133474	1	1,000	-6,94705	1,05368
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-2,01947	,760186	1	,947	-4,70240	,66345
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,68084	,750554	1	1,000	-4,32977	,96808
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,24814	3,749331	1	1,000	-13,48064	12,98436
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,35220	3,602053	1	1,000	-13,06491	12,36051
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,08100	3,516249	1	1,000	-12,49089	12,32888
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,01053	3,729453	1	1,000	-13,15181	13,17287
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,07960	3,530124	1	1,000	-13,53846	11,37925
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,20134	3,681861	1	1,000	-14,19572	11,79304
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,23140	3,685209	1	1,000	-14,23760	11,77479
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,22347	3,628582	1	1,000	-14,02981	11,58287
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,06121	,937267	1	1,000	-3,36910	3,24668
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,42053	,785779	1	1,000	-2,35272	3,19377
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,78637	,707457	1	1,000	-1,71046	3,28319
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,15063	,844474	1	1,000	-5,13103	,82977
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-3,00789 ^a	,637333	1	,000	-5,25723	-,75856
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-2,08068	,738682	1	,582	-4,68771	,52634

	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,74205	,781126	1	1,000	-4,49888	1,01477
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,30935	3,659349	1	1,000	-13,22427	12,60558
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,41341	3,508295	1	1,000	-12,79523	11,96840
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,14221	3,420140	1	1,000	-12,21290	11,92847
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,05068	3,638979	1	1,000	-12,89372	12,79236
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,14081	3,434404	1	1,000	-13,26184	10,98021
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,26255	3,590189	1	1,000	-13,93339	11,40829
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,29261	3,593622	1	1,000	-13,97557	11,39034
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,28468	3,535529	1	1,000	-13,76261	11,19325
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,48174	,596962	1	1,000	-2,58859	1,62512
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,42053	,785779	1	1,000	-3,19377	2,35272
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,36584	,595825	1	1,000	-1,73700	2,46869
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,57116	,822376	1	,212	-5,47357	,33125
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-3,42842	1,025682	1	,100	-7,04836	,19152
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-2,50121	,785025	1	,173	-5,27180	,26938
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,16258	,838875	1	1,000	-5,12322	,79806
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,72987	3,584011	1	1,000	-13,37891	11,91916
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,83394	3,429641	1	1,000	-12,93816	11,27028
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,56274	3,339410	1	1,000	-12,34851	11,22303
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,47121	3,563211	1	1,000	-13,04683	12,10442
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,56134	3,354017	1	1,000	-13,39866	10,27598

	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,68307	3,513368	1	1,000	-14,08279	10,71664
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,71314	3,516876	1	1,000	-14,12524	10,69896
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,70521	3,457494	1	1,000	-13,90773	10,49731
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,84758	,547083	1	1,000	-2,77840	1,08324
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,78637	,707457	1	1,000	-3,28319	1,71046
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,36584	,595825	1	1,000	-2,46869	1,73700
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,93700	,914773	1	,159	-6,16551	,29151
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-3,79426 ^a	1,039987	1	,032	-7,46469	-,12384
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-2,86705	,897029	1	,167	-6,03293	,29883
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,52842	,791124	1	,167	-5,32053	,26369
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-1,09572	3,682202	1	1,000	-14,09130	11,89987
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-1,19978	3,532126	1	1,000	-13,66570	11,26614
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,92858	3,444581	1	1,000	-13,08553	11,22836
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,83705	3,661960	1	1,000	-13,76119	12,08709
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,92718	3,458744	1	1,000	-14,13411	10,27975
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,04892	3,613479	1	1,000	-14,80195	10,70412
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-2,07898	3,616890	1	1,000	-14,84406	10,68609
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,07105	3,559177	1	1,000	-14,63244	10,49034
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	2,08942	,782938	1	,914	-,67380	4,85264
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,15063	,844474	1	1,000	-,82977	5,13103
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,57116	,822376	1	,212	-,33125	5,47357

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,93700	,914773	1	,159	-,29151	6,16551
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,85726	,744284	1	1,000	-3,48406	1,76953
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,06995	,426858	1	1,000	-1,43656	1,57645
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,40858	,507492	1	1,000	-1,38251	2,19967
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,84128	3,600698	1	1,000	-10,86665	14,54921
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,73722	3,447075	1	1,000	-10,42853	13,90297
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,00842	3,357313	1	1,000	-9,84053	13,85737
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,09995	3,579995	1	1,000	-10,53491	14,73481
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	1,00982	3,371842	1	1,000	-10,89041	12,91005
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,88808	3,530389	1	1,000	-11,57170	13,34787
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,85802	3,533880	1	1,000	-11,61409	13,33013
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,86595	3,474788	1	1,000	-11,39761	13,12951
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	2,94668	1,133474	1	1,000	-1,05368	6,94705
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	3,00789 ^a	,637333	1	,000	,75856	5,25723
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	3,42842	1,025682	1	,100	-,19152	7,04836
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	3,79426 ^a	1,039987	1	,032	,12384	7,46469
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,85726	,744284	1	1,000	-1,76953	3,48406
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,92721	,700184	1	1,000	-1,54395	3,39837
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	1,26584	,677345	1	1,000	-1,12471	3,65639
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	2,69855	3,676521	1	1,000	-10,27698	15,67408
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,59448	3,526202	1	1,000	-9,85053	15,03949

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,86568	3,438506	1	1,000	-9,26983	15,00119
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,95721	3,656246	1	1,000	-9,94676	15,86119
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	1,86708	3,452694	1	1,000	-10,31850	14,05266
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	1,74535	3,607689	1	1,000	-10,98726	14,47795
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	1,71528	3,611106	1	1,000	-11,02938	14,45994
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	1,72321	3,553298	1	1,000	-10,81743	14,26386
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	2,01947	,760186	1	,947	-,66345	4,70240
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,08068	,738682	1	,582	-,52634	4,68771
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,50121	,785025	1	,173	-,26938	5,27180
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,86705	,897029	1	,167	-,29883	6,03293
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,06995	,426858	1	1,000	-1,57645	1,43656
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,92721	,700184	1	1,000	-3,39837	1,54395
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,33863	,414947	1	1,000	-1,12584	1,80310
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,77134	3,614371	1	1,000	-10,98485	14,52752
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,66727	3,461355	1	1,000	-10,54888	13,88342
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,93847	3,371973	1	1,000	-9,96222	13,83916
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,03000	3,593747	1	1,000	-10,65339	14,71340
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,93987	3,386440	1	1,000	-11,01188	12,89162
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,81814	3,544333	1	1,000	-11,69087	13,32714
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,78807	3,547811	1	1,000	-11,73320	13,30934
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,79600	3,488955	1	1,000	-11,51755	13,10956

[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,68084	,750554	1	1,000	-,96808	4,32977
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,74205	,781126	1	1,000	-1,01477	4,49888
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,16258	,838875	1	1,000	-,79806	5,12322
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,52842	,791124	1	,167	-,26369	5,32053
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,40858	,507492	1	1,000	-2,19967	1,38251
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,26584	,677345	1	1,000	-3,65639	1,12471
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,33863	,414947	1	1,000	-1,80310	1,12584
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,43271	3,637104	1	1,000	-11,40371	14,26912
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,32864	3,485086	1	1,000	-10,97126	13,62854
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,59984	3,396328	1	1,000	-10,38681	13,58649
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,69137	3,616609	1	1,000	-11,07271	14,45545
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,60124	3,410691	1	1,000	-11,43610	12,63858
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,47951	3,567512	1	1,000	-12,11130	13,07031
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,44944	3,570967	1	1,000	-12,15356	13,05244
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,45737	3,512499	1	1,000	-11,93928	12,85402
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,24814	3,749331	1	1,000	-12,98436	13,48064
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,30935	3,659349	1	1,000	-12,60558	13,22427
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,72987	3,584011	1	1,000	-11,91916	13,37891
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,09572	3,682202	1	1,000	-11,89987	14,09130
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,84128	3,600698	1	1,000	-14,54921	10,86665
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,69855	3,676521	1	1,000	-15,67408	10,27698

	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,77134	3,614371	1	1,000	-14,52752	10,98485
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,43271	3,637104	1	1,000	-14,26912	11,40371
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,10407	,892319	1	1,000	-3,25333	3,04519
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,16713	,760044	1	1,000	-2,51529	2,84955
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,25867	,453025	1	1,000	-1,34019	1,85753
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,83147	,621545	1	1,000	-3,02508	1,36215
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,95320	,823672	1	1,000	-3,86018	1,95378
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,98327	,474711	1	1,000	-2,65866	,69213
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,97533	,551182	1	1,000	-2,92062	,96995
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,35220	3,602053	1	1,000	-12,36051	13,06491
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,41341	3,508295	1	1,000	-11,96840	12,79523
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,83394	3,429641	1	1,000	-11,27028	12,93816
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,19978	3,532126	1	1,000	-11,26614	13,66570
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,73722	3,447075	1	1,000	-13,90297	10,42853
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,59448	3,526202	1	1,000	-15,03949	9,85053
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,66727	3,461355	1	1,000	-13,88342	10,54888
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,32864	3,485086	1	1,000	-13,62854	10,97126
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,10407	,892319	1	1,000	-3,04519	3,25333
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,27120	,700873	1	1,000	-2,20239	2,74479
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,36273	,850102	1	1,000	-2,63753	3,36299
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,72740	1,076186	1	1,000	-4,52558	3,07078

	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,84913	,811520	1	1,000	-3,71323	2,01496
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,87920	,910007	1	1,000	-4,09088	2,33248
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,87127	,935447	1	1,000	-4,17274	2,43020
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,08100	3,516249	1	1,000	-12,32888	12,49089
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,14221	3,420140	1	1,000	-11,92847	12,21290
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,56274	3,339410	1	1,000	-11,22303	12,34851
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,92858	3,444581	1	1,000	-11,22836	13,08553
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,00842	3,357313	1	1,000	-13,85737	9,84053
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,86568	3,438506	1	1,000	-15,00119	9,26983
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,93847	3,371973	1	1,000	-13,83916	9,96222
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,59984	3,396328	1	1,000	-13,58649	10,38681
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,16713	,760044	1	1,000	-2,84955	2,51529
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,27120	,700873	1	1,000	-2,74479	2,20239
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,09153	,790983	1	1,000	-2,70008	2,88315
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,99860	1,099129	1	1,000	-4,87775	2,88055
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,12033	1,033446	1	1,000	-4,76767	2,52700
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,15040	,809801	1	1,000	-4,00843	1,70763
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,14247	,975454	1	1,000	-4,58513	2,30020
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,01053	3,729453	1	1,000	-13,17287	13,15181
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,05068	3,638979	1	1,000	-12,79236	12,89372
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,47121	3,563211	1	1,000	-12,10442	13,04683

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,83705	3,661960	1	1,000	-12,08709	13,76119
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,09995	3,579995	1	1,000	-14,73481	10,53491
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,95721	3,656246	1	1,000	-15,86119	9,94676
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-2,03000	3,593747	1	1,000	-14,71340	10,65339
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,69137	3,616609	1	1,000	-14,45545	11,07271
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,25867	,453025	1	1,000	-1,85753	1,34019
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,36273	,850102	1	1,000	-3,36299	2,63753
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,09153	,790983	1	1,000	-2,88315	2,70008
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,09013	,635805	1	1,000	-3,33408	1,15381
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,21187	,744556	1	1,000	-3,83963	1,41589
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,24193	,451389	1	,712	-2,83502	,35115
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,23400	,455426	1	,808	-2,84133	,37333
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,07960	3,530124	1	1,000	-11,37925	13,53846
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,14081	3,434404	1	1,000	-10,98021	13,26184
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,56134	3,354017	1	1,000	-10,27598	13,39866
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,92718	3,458744	1	1,000	-10,27975	14,13411
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,00982	3,371842	1	1,000	-12,91005	10,89041
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,86708	3,452694	1	1,000	-14,05266	10,31850
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,93987	3,386440	1	1,000	-12,89162	11,01188
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,60124	3,410691	1	1,000	-12,63858	11,43610
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,83147	,621545	1	1,000	-1,36215	3,02508

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,72740	1,076186	1	1,000	-3,07078	4,52558
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,99860	1,099129	1	1,000	-2,88055	4,87775
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,09013	,635805	1	1,000	-1,15381	3,33408
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,12173	,751318	1	1,000	-2,77336	2,52989
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,15180	,690768	1	1,000	-2,58972	2,28612
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,14387	,368624	1	1,000	-1,44485	1,15712
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,20134	3,681861	1	1,000	-11,79304	14,19572
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,26255	3,590189	1	1,000	-11,40829	13,93339
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,68307	3,513368	1	1,000	-10,71664	14,08279
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,04892	3,613479	1	1,000	-10,70412	14,80195
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,88808	3,530389	1	1,000	-13,34787	11,57170
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,74535	3,607689	1	1,000	-14,47795	10,98726
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,81814	3,544333	1	1,000	-13,32714	11,69087
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,47951	3,567512	1	1,000	-13,07031	12,11130
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,95320	,823672	1	1,000	-1,95378	3,86018
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,84913	,811520	1	1,000	-2,01496	3,71323
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,12033	1,033446	1	1,000	-2,52700	4,76767
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,21187	,744556	1	1,000	-1,41589	3,83963
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,12173	,751318	1	1,000	-2,52989	2,77336
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,03007	,888199	1	1,000	-3,16478	3,10465
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,02213	,621480	1	1,000	-2,21552	2,17125

[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,23140	3,685209	1	1,000	-11,77479	14,23760
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,29261	3,593622	1	1,000	-11,39034	13,97557
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,71314	3,516876	1	1,000	-10,69896	14,12524
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,07898	3,616890	1	1,000	-10,68609	14,84406
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,85802	3,533880	1	1,000	-13,33013	11,61409
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,71528	3,611106	1	1,000	-14,45994	11,02938
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,78807	3,547811	1	1,000	-13,30934	11,73320
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,44944	3,570967	1	1,000	-13,05244	12,15356
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,98327	,474711	1	1,000	-,69213	2,65866
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,87920	,910007	1	1,000	-2,33248	4,09088
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,15040	,809801	1	1,000	-1,70763	4,00843
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,24193	,451389	1	,712	-,35115	2,83502
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,15180	,690768	1	1,000	-2,28612	2,58972
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,03007	,888199	1	1,000	-3,10465	3,16478
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,00793	,488678	1	1,000	-1,71676	1,73262
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,22347	3,628582	1	1,000	-11,58287	14,02981
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,28468	3,535529	1	1,000	-11,19325	13,76261
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,70521	3,457494	1	1,000	-10,49731	13,90773
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,07105	3,559177	1	1,000	-10,49034	14,63244
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,86595	3,474788	1	1,000	-13,12951	11,39761
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,72321	3,553298	1	1,000	-14,26386	10,81743

[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,79600	3,488955	1	1,000	-13,10956	11,51755
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,45737	3,512499	1	1,000	-12,85402	11,93928
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,97533	,551182	1	1,000	-,96995	2,92062
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,87127	,935447	1	1,000	-2,43020	4,17274
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,14247	,975454	1	1,000	-2,30020	4,58513
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,23400	,455426	1	,808	-,37333	2,84133
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,14387	,368624	1	1,000	-1,15712	1,44485
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,02213	,621480	1	1,000	-2,17125	2,21552
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,00793	,488678	1	1,000	-1,73262	1,71676

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Herzfrequenz

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

2.1.5 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung*Aufgabe

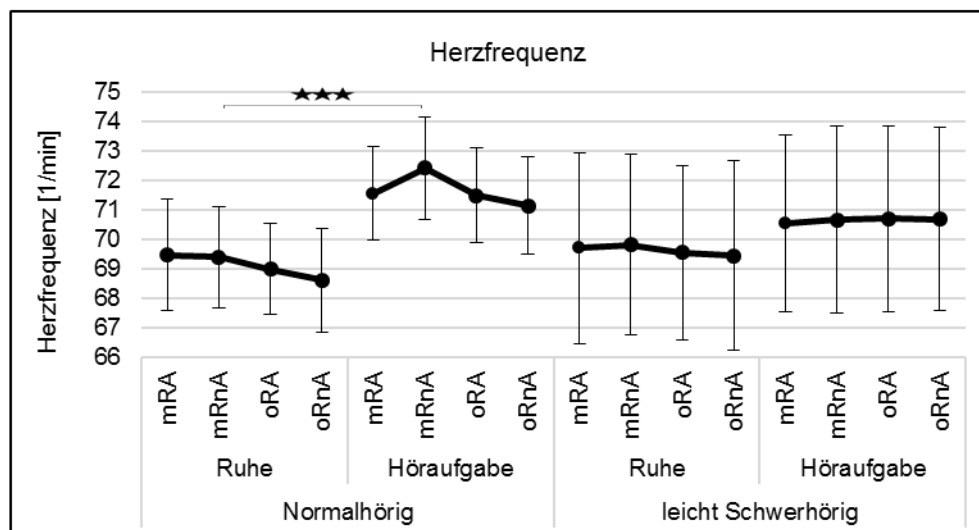


Abbildung 13: Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

2.2 Herzfrequenzvariabilität

2.2.1 Boxplot

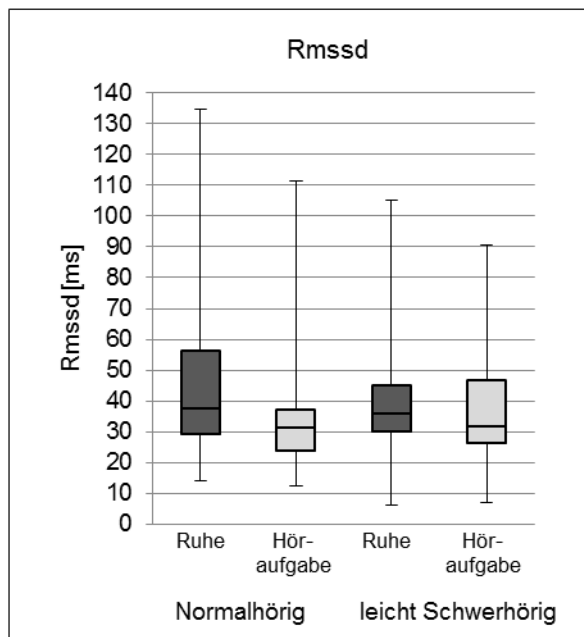


Abbildung 14: Boxplot Rmssd (Hauptversuch)

2.2.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Rmssd.spv

Tabelle 27: Modelleffekte Rmssd (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	96,582	1	,000
Gruppe	,067	1	,795
Bedingung	24,927	1	,000
Gruppe * Bedingung	5,300	1	,021

Dependent Variable: Rmssd

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

Tabelle 28: Parameterschätzungen Rmssd (Hauptversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	39,092	5,5765	28,163	50,022	49,143	1	,000
[Gruppe=1]	-1,161	7,7766	-16,403	14,081	,022	1	,881
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	3,958	1,4805	1,056	6,860	7,147	1	,008
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	6,773	2,9420	1,007	12,539	5,300	1	,021
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	700,579						

Dependent Variable: Rmssd

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 29: Geschätzte Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Estimates					
Gruppe	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	48,6622	7,02060	34,9021	62,4223
	Höraufgabe	37,9314	5,42015	27,3081	48,5547
leicht Schwerhörig	Ruhe	43,0502	6,47780	30,3540	55,7465
	Höraufgabe	39,0924	5,57650	28,1627	50,0222

Tabelle 30: Paarweisen Vergleiche des Rmssd für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	10,7308 ^a	2,54239	1	,000	4,0233	17,4383

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	5,6120	9,55252	1	1,000	-19,5900	30,8140
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	9,5698	8,96583	1	1,000	-14,0844	33,2240
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-10,7308 ^a	2,54239	1	,000	-17,4383	-4,0233
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-5,1188	8,44630	1	1,000	-27,4023	17,1647
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-1,1610	7,77659	1	1,000	-21,6776	19,3557
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-5,6120	9,55252	1	1,000	-30,8140	19,5900
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	5,1188	8,44630	1	1,000	-17,1647	27,4023
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	3,9578 ^a	1,48048	1	,045	,0519	7,8637
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-9,5698	8,96583	1	1,000	-33,2240	14,0844
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	1,1610	7,77659	1	1,000	-19,3557	21,6776
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-3,9578 ^a	1,48048	1	,045	-7,8637	-,0519

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Rmssd

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

2.2.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung

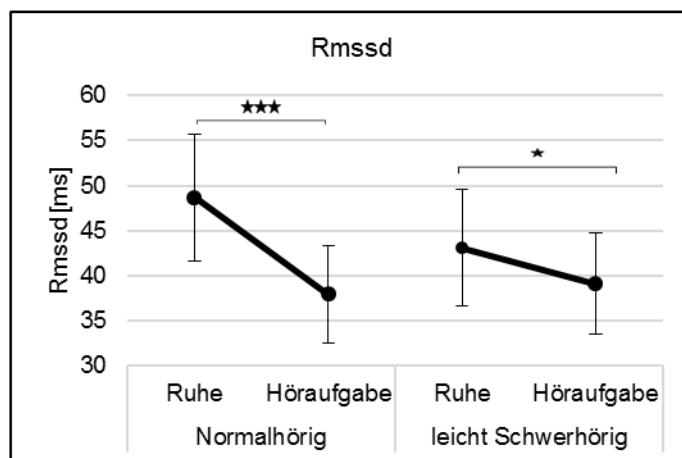


Abbildung 15: Abbildung der geschätzten Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

2.2.4 Generalized Linear Models: Aufgabenmodell

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE_Aufgaben.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Rmssd_Aufgabenmodell.spv

Tabelle 31: Modelleffekte des Aufgabenmodells Rmssd (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	96,582	1	,000
Gruppe	,067	1	,795
Bedingung	24,927	1	,000
Aufgabe	10,569	3	,014
Gruppe * Bedingung	5,300	1	,021
Gruppe * Aufgabe	6,527	3	,089
Bedingung * Aufgabe	1,832	3	,608
Gruppe * Bedingung *	1,339	3	,720
Aufgabe			

Dependent Variable: Rmssd

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Aufgabe, Gruppe * Bedingung,
Gruppe * Aufgabe, Bedingung * Aufgabe, Gruppe * Bedingung * Aufgabe

Tabelle 32: Parameterschätzungen des Aufgabenmodells Rmssd (Hauptversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Interval		Wald Chi-Square	df	Sig.
			Lower	Upper			
(Intercept)	40,252	5,9206	28,648	51,856	46,222	1	,000
[Gruppe=1]	,808	8,7344	-16,311	17,927	,009	1	,926
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	1,996	1,6126	-1,165	5,156	1,531	1	,216
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]	-1,365	,8846	-3,099	,369	2,381	1	,123
[Aufgabe=1]	-2,039	1,1000	-4,194	,117	3,435	1	,064
[Aufgabe=2]	-1,235	,9100	-3,018	,549	1,840	1	,175
[Aufgabe=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	8,532	3,2619	2,139	14,925	6,841	1	,009
[Bedingung=0]							

[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *	-2,493	2,1533	-6,713	1,728	1,340	1	,247
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *	-3,903	2,8733	-9,535	1,728	1,845	1	,174
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *	-1,480	2,0877	-5,572	2,612	,503	1	,478
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Bedingung=0] *	3,174	2,1049	-,952	7,299	2,274	1	,132
[Aufgabe=0]							
[Bedingung=0] *	,738	1,2665	-1,744	3,220	,339	1	,560
[Aufgabe=1]							
[Bedingung=0] *	3,937	3,2915	-2,514	10,388	1,431	1	,232
[Aufgabe=2]							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=1] *	-3,175	3,0672	-9,186	2,837	1,071	1	,301
[Bedingung=0] *							
[Aufgabe=0]							

[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	-,645	2,1403	-4,840	3,550	,091	1	,763
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	-3,216	3,9767	-11,010	4,578	,654	1	,419
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							

[Gruppe=2] *						
[Bedingung=1] *	0 ^a					
[Aufgabe=3]						
(Scale)	734,082					

Dependent Variable: Rmssd

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Aufgabe, Gruppe * Bedingung, Gruppe * Aufgabe, Bedingung * Aufgabe, Gruppe * Bedingung * Aufgabe

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 33: Geschätzte Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Estimates						
Gruppe	Bedingung	Aufgabe	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
					Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	mRA	47,72907	7,401956	33,22151	62,23664
		mRnA	45,73858	5,803620	34,36369	57,11346
		oRA	49,59364	7,817653	34,27132	64,91595
		oRnA	51,58762	7,615490	36,66153	66,51371
	Höraufgabe	mRA	37,20222	5,388383	26,64118	47,76326
		mRnA	35,11823	4,567032	26,16701	44,06944
		oRA	38,34524	5,661403	27,24909	49,44138
		oRnA	41,06003	6,421535	28,47405	53,64601
leicht Schwerhörig	Ruhe	mRA	44,05636	7,169419	30,00456	58,10816
		mRnA	40,94696	5,427764	30,30874	51,58518
		oRA	44,94997	7,765968	29,72896	60,17099
		oRnA	42,24764	6,095310	30,30105	54,19423
	Höraufgabe	mRA	38,88683	5,483433	28,13950	49,63416
		mRnA	38,21345	5,228881	27,96504	48,46187
		oRA	39,01739	5,809120	27,63172	50,40305
		oRnA	40,25199	5,920551	28,64792	51,85605

Tabelle 34: Paarweisen Vergleiche des Rmssd für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean				95% Wald Confidence Interval for Difference	
Gruppe*Bedingung* Aufgabe	Gruppe*Bedingung* Aufgabe	Difference (I-J)	Std. Error	d f	Bonferroni Sig.	Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,99049	2,965833	1	1,000	-8,47681	12,45780
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-1,86456	1,851223	1	1,000	-8,39808	4,66895

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-3,85855	1,751420	1	1,000	-10,03983	2,32273
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	10,52685	3,116216	1	,088	-,47119	21,52490
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	12,61085	3,953582	1	,171	-1,34251	26,56421
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	9,38384	2,948647	1	,175	-1,02281	19,79048
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	6,66904	2,312140	1	,471	-1,49118	14,82927
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	3,67271	10,304830	1	1,000	-32,69608	40,04151
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	6,78211	9,178757	1	1,000	-25,61244	39,17667
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,77910	10,728431	1	1,000	-35,08471	40,64291
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	5,48143	9,588627	1	1,000	-28,35967	39,32254
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	8,84224	9,211785	1	1,000	-23,66888	41,35336
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	9,51562	9,062569	1	1,000	-22,46887	41,50011
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	8,71169	9,409295	1	1,000	-24,49650	41,91987
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	7,47709	9,478496	1	1,000	-25,97533	40,92951
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-1,99049	2,965833	1	1,000	-12,45780	8,47681
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-3,85506	3,128636	1	1,000	-14,89694	7,18682
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-5,84904	2,960526	1	1,000	-16,29762	4,59953
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	8,53636	2,620308	1	,135	-,71148	17,78420
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	10,62035 ^a	1,982948	1	,000	3,62194	17,61876
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	7,39334	2,648993	1	,631	-1,95574	16,74242
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	4,67855	2,732521	1	1,000	-4,96533	14,32242

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,68222	9,224021	1	1,000	-30,87208	34,23652
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	4,79162	7,946234	1	1,000	-23,25299	32,83623
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,78861	9,694961	1	1,000	-33,42778	35,00499
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	3,49094	8,416342	1	1,000	-26,21282	33,19470
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	6,85175	7,984362	1	1,000	-21,32743	35,03092
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	7,52513	7,811734	1	1,000	-20,04480	35,09505
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	6,72119	8,211448	1	1,000	-22,25944	35,70182
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	5,48659	8,290653	1	1,000	-23,77358	34,74676
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,86456	1,851223	1	1,000	-4,66895	8,39808
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	3,85506	3,128636	1	1,000	-7,18682	14,89694
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-1,99398	2,804387	1	1,000	-11,89149	7,90353
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	12,39142 ^a	3,442836	1	,038	,24063	24,54220
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	14,47541	4,180216	1	,064	-,27781	29,22863
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	11,24840 ^a	3,132658	1	,040	,19232	22,30448
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	8,53361	3,202861	1	,926	-2,77024	19,83745
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	5,53728	10,607368	1	1,000	-31,89927	42,97382
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	8,64668	9,517159	1	1,000	-24,94220	42,23555
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	4,64366	11,019345	1	1,000	-34,24687	43,53419
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	7,34600	9,913047	1	1,000	-27,64008	42,33207
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	10,70680	9,549017	1	1,000	-22,99451	44,40811
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	11,38018	9,405152	1	1,000	-21,81338	44,57375

	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	10,57625	9,739690	1	1,000	-23,79800	44,95050
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	9,34165	9,806560	1	1,000	-25,26860	43,95190
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	3,85855	1,751420	1	1,000	-2,32273	10,03983
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	5,84904	2,960526	1	1,000	-4,59953	16,29762
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,99398	2,804387	1	1,000	-7,90353	11,89149
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	14,38540 ^a	3,788020	1	,018	1,01635	27,75445
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	16,46939 ^a	4,164006	1	,009	1,77338	31,16541
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	13,24238 ^a	3,742893	1	,048	,03261	26,45216
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	10,52759 ^a	2,835407	1	,025	,52060	20,53458
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	7,53126	10,459267	1	1,000	-29,38259	44,44511
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	10,64066	9,351808	1	1,000	-22,36464	43,64596
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	6,63765	10,876854	1	1,000	-31,74999	45,02529
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	9,33998	9,754409	1	1,000	-25,08622	43,76618
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	12,70079	9,384227	1	1,000	-20,41893	45,82050
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	13,37417	9,237796	1	1,000	-19,22875	45,97709
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	12,57023	9,578182	1	1,000	-21,23400	46,37447
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	11,33563	9,646171	1	1,000	-22,70856	45,37983
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-10,52685	3,116216	1	,088	-21,52490	,47119
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-8,53636	2,620308	1	,135	-17,78420	,71148
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-12,39142 ^a	3,442836	1	,038	-24,54220	-,24063
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-14,38540 ^a	3,788020	1	,018	-27,75445	-1,01635

	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	2,08399	1,837733	1	1,000	-4,40191	8,56990
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,14302	,785879	1	1,000	-3,91662	1,63058
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-3,85781	1,963209	1	1,000	-10,78656	3,07094
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-6,85414	8,968570	1	1,000	-38,50688	24,79860
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-3,74474	7,648222	1	1,000	-30,73758	23,24810
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-7,74775	9,452245	1	1,000	-41,10752	25,61202
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-5,04542	8,135569	1	1,000	-33,75825	23,66741
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,68461	7,687829	1	1,000	-28,81724	25,44801
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,01123	7,508386	1	1,000	-27,51055	25,48809
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,81517	7,923418	1	1,000	-29,77925	26,14892
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-3,04977	8,005473	1	1,000	-31,30345	25,20392
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-12,61085	3,953582	1	,171	-26,56421	1,34251
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-10,62035 ^a	1,982948	1	,000	-17,61876	-3,62194
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-14,47541	4,180216	1	,064	-29,22863	,27781
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-16,46939 ^a	4,164006	1	,009	-31,16541	-1,77338
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,08399	1,837733	1	1,000	-8,56990	4,40191
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-3,22701	2,060685	1	1,000	-10,49978	4,04576
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-5,94181	2,654465	1	1,000	-15,31020	3,42659
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-8,93813	8,500491	1	1,000	-38,93888	21,06261
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-5,82873	7,093547	1	1,000	-30,86396	19,20649
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-9,83175	9,009331	1	1,000	-41,62834	21,96485

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-7,12941	7,616468	1	1,000	-34,01018	19,75136
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-3,76861	7,136232	1	1,000	-28,95448	21,41727
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-3,09523	6,942548	1	1,000	-27,59753	21,40708
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-3,89916	7,389428	1	1,000	-29,97864	22,18032
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-5,13376	7,477346	1	1,000	-31,52353	21,25601
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-9,38384	2,948647	1	,175	-19,79048	1,02281
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-7,39334	2,648993	1	,631	-16,74242	1,95574
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-11,24840 ^a	3,132658	1	,040	-22,30448	-,19232
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-13,24238 ^a	3,742893	1	,048	-26,45216	-,03261
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	1,14302	,785879	1	1,000	-1,63058	3,91662
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	3,22701	2,060685	1	1,000	-4,04576	10,49978
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,71479	1,878901	1	1,000	-9,34599	3,91640
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-5,71112	9,135209	1	1,000	-37,95198	26,52974
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-2,60172	7,842966	1	1,000	-30,28187	25,07843
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-6,60474	9,610502	1	1,000	-40,52304	27,31357
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-3,90240	8,318911	1	1,000	-33,26230	25,45750
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,54160	7,881594	1	1,000	-28,35807	27,27488
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,13178	7,706664	1	1,000	-27,06732	27,33088
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,67215	8,111557	1	1,000	-29,30024	27,95594
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,90675	8,191728	1	1,000	-30,81778	27,00428
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-6,66904	2,312140	1	,471	-14,82927	1,49118

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-4,67855	2,732521	1	1,000	-14,32242	4,96533
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-8,53361	3,202861	1	,926	-19,83745	2,77024
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-10,52759 ^a	2,835407	1	,025	-20,53458	-,52060
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	3,85781	1,963209	1	1,000	-3,07094	10,78656
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	5,94181	2,654465	1	1,000	-3,42659	15,31020
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	2,71479	1,878901	1	1,000	-3,91640	9,34599
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-2,99633	9,624795	1	1,000	-36,96508	30,97242
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,11307	8,408135	1	1,000	-29,56173	29,78787
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-3,88994	10,077022	1	1,000	-39,45474	31,67485
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-1,18761	8,853751	1	1,000	-32,43512	30,05990
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	2,17320	8,444178	1	1,000	-27,62881	31,97520
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	2,84658	8,281141	1	1,000	-26,38002	32,07318
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	2,04264	8,659214	1	1,000	-28,51828	32,60357
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,80804	8,734360	1	1,000	-30,01810	31,63419
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-3,67271	10,304830	1	1,000	-40,04151	32,69608
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-1,68222	9,224021	1	1,000	-34,23652	30,87208
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-5,53728	10,607368	1	1,000	-42,97382	31,89927
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-7,53126	10,459267	1	1,000	-44,44511	29,38259
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	6,85414	8,968570	1	1,000	-24,79860	38,50688
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	8,93813	8,500491	1	1,000	-21,06261	38,93888
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	5,71112	9,135209	1	1,000	-26,52974	37,95198

	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	2,99633	9,624795	1	1,000	-30,97242	36,96508
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	3,10940	2,328155	1	1,000	-5,10735	11,32615
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,89361	3,359274	1	1,000	-12,74949	10,96226
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,80872	1,682827	1	1,000	-4,13047	7,74791
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	5,16953	2,462089	1	1,000	-3,51992	13,85897
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	5,84291	2,991188	1	1,000	-4,71388	16,39970
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	5,03897	2,282541	1	1,000	-3,01679	13,09474
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	3,80437	2,371063	1	1,000	-4,56381	12,17256
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-6,78211	9,178757	1	1,000	-39,17667	25,61244
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-4,79162	7,946234	1	1,000	-32,83623	23,25299
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-8,64668	9,517159	1	1,000	-42,23555	24,94220
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-10,64066	9,351808	1	1,000	-43,64596	22,36464
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	3,74474	7,648222	1	1,000	-23,24810	30,73758
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	5,82873	7,093547	1	1,000	-19,20649	30,86396
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	2,60172	7,842966	1	1,000	-25,07843	30,28187
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,11307	8,408135	1	1,000	-29,78787	29,56173
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-3,10940	2,328155	1	1,000	-11,32615	5,10735
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-4,00301	3,176148	1	1,000	-15,21258	7,20655
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-1,30068	1,351840	1	1,000	-6,07172	3,47036
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	2,06013	1,455402	1	1,000	-3,07642	7,19667
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	2,73351	1,699301	1	1,000	-3,26383	8,73084

	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	1,92957	1,199133	1	1,000	-2,30252	6,16167
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,69497	1,663955	1	1,000	-5,17762	6,56756
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-2,77910	10,728431	1	1,000	-40,64291	35,08471
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,78861	9,694961	1	1,000	-35,00499	33,42778
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-4,64366	11,019345	1	1,000	-43,53419	34,24687
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-6,63765	10,876854	1	1,000	-45,02529	31,74999
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	7,74775	9,452245	1	1,000	-25,61202	41,10752
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	9,83175	9,009331	1	1,000	-21,96485	41,62834
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	6,60474	9,610502	1	1,000	-27,31357	40,52304
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	3,88994	10,077022	1	1,000	-31,67485	39,45474
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,89361	3,359274	1	1,000	-10,96226	12,74949
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	4,00301	3,176148	1	1,000	-7,20655	15,21258
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,70233	3,233310	1	1,000	-8,70897	14,11364
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	6,06314	3,043596	1	1,000	-4,67861	16,80489
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	6,73652	3,329857	1	1,000	-5,01553	18,48857
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	5,93259	2,899849	1	1,000	-4,30184	16,16701
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	4,69799	3,098128	1	1,000	-6,23622	15,63220
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-5,48143	9,588627	1	1,000	-39,32254	28,35967
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-3,49094	8,416342	1	1,000	-33,19470	26,21282
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-7,34600	9,913047	1	1,000	-42,33207	27,64008
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-9,33998	9,754409	1	1,000	-43,76618	25,08622

	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	5,04542	8,135569	1	1,000	-23,66741	33,75825
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	7,12941	7,616468	1	1,000	-19,75136	34,01018
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	3,90240	8,318911	1	1,000	-25,45750	33,26230
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	1,18761	8,853751	1	1,000	-30,05990	32,43512
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-1,80872	1,682827	1	1,000	-7,74791	4,13047
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,30068	1,351840	1	1,000	-3,47036	6,07172
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-2,70233	3,233310	1	1,000	-14,11364	8,70897
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	3,36081	1,491422	1	1,000	-1,90286	8,62448
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	4,03419	2,037823	1	1,000	-3,15790	11,22627
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	3,23025	1,363794	1	1,000	-1,58298	8,04349
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	1,99565	1,612630	1	1,000	-3,69579	7,68710
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-8,84224	9,211785	1	1,000	-41,35336	23,66888
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-6,85175	7,984362	1	1,000	-35,03092	21,32743
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-10,70680	9,549017	1	1,000	-44,40811	22,99451
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-12,70079	9,384227	1	1,000	-45,82050	20,41893
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	1,68461	7,687829	1	1,000	-25,44801	28,81724
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	3,76861	7,136232	1	1,000	-21,41727	28,95448
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,54160	7,881594	1	1,000	-27,27488	28,35807
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,17320	8,444178	1	1,000	-31,97520	27,62881
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-5,16953	2,462089	1	1,000	-13,85897	3,51992
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-2,06013	1,455402	1	1,000	-7,19667	3,07642

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-6,06314	3,043596	1	1,000	-16,80489	4,67861
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-3,36081	1,491422	1	1,000	-8,62448	1,90286
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,67338	1,217268	1	1,000	-3,62272	4,96948
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,13055	1,043416	1	1,000	-3,81308	3,55197
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,36515	,884627	1	1,000	-4,48726	1,75696
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-9,51562	9,062569	1	1,000	-41,50011	22,46887
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-7,52513	7,811734	1	1,000	-35,09505	20,04480
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-11,38018	9,405152	1	1,000	-44,57375	21,81338
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-13,37417	9,237796	1	1,000	-45,97709	19,22875
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	1,01123	7,508386	1	1,000	-25,48809	27,51055
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	3,09523	6,942548	1	1,000	-21,40708	27,59753
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,13178	7,706664	1	1,000	-27,33088	27,06732
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,84658	8,281141	1	1,000	-32,07318	26,38002
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-5,84291	2,991188	1	1,000	-16,39970	4,71388
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-2,73351	1,699301	1	1,000	-8,73084	3,26383
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-6,73652	3,329857	1	1,000	-18,48857	5,01553
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-4,03419	2,037823	1	1,000	-11,22627	3,15790
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,67338	1,217268	1	1,000	-4,96948	3,62272
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,80393	1,372314	1	1,000	-5,64724	4,03937
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,03853	1,099952	1	1,000	-5,92059	1,84352
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-8,71169	9,409295	1	1,000	-41,91987	24,49650

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-6,72119	8,211448	1	1,000	-35,70182	22,25944
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-10,57625	9,739690	1	1,000	-44,95050	23,79800
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-12,57023	9,578182	1	1,000	-46,37447	21,23400
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	1,81517	7,923418	1	1,000	-26,14892	29,77925
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	3,89916	7,389428	1	1,000	-22,18032	29,97864
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,67215	8,111557	1	1,000	-27,95594	29,30024
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,04264	8,659214	1	1,000	-32,60357	28,51828
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-5,03897	2,282541	1	1,000	-13,09474	3,01679
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-1,92957	1,199133	1	1,000	-6,16167	2,30252
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-5,93259	2,899849	1	1,000	-16,16701	4,30184
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-3,23025	1,363794	1	1,000	-8,04349	1,58298
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,13055	1,043416	1	1,000	-3,55197	3,81308
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,80393	1,372314	1	1,000	-4,03937	5,64724
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,23460	,910038	1	1,000	-4,44639	1,97719
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-7,47709	9,478496	1	1,000	-40,92951	25,97533
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-5,48659	8,290653	1	1,000	-34,74676	23,77358
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-9,34165	9,806560	1	1,000	-43,95190	25,26860
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-11,33563	9,646171	1	1,000	-45,37983	22,70856
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	3,04977	8,005473	1	1,000	-25,20392	31,30345
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	5,13376	7,477346	1	1,000	-21,25601	31,52353
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	1,90675	8,191728	1	1,000	-27,00428	30,81778

[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,80804	8,734360	1	1,000	-31,63419	30,01810
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-3,80437	2,371063	1	1,000	-12,17256	4,56381
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,69497	1,663955	1	1,000	-6,56756	5,17762
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-4,69799	3,098128	1	1,000	-15,63220	6,23622
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-1,99565	1,612630	1	1,000	-7,68710	3,69579
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	1,36515	,884627	1	1,000	-1,75696	4,48726
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	2,03853	1,099952	1	1,000	-1,84352	5,92059
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	1,23460	,910038	1	1,000	-1,97719	4,44639

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Rmssd

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

2.2.5 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung*Aufgabe

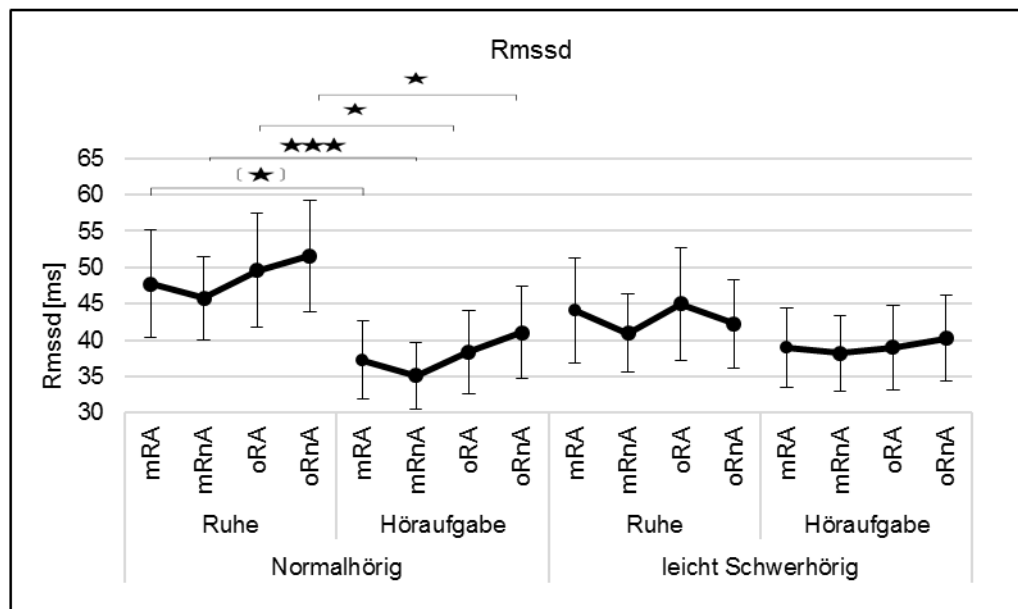


Abbildung 16: Abbildung der geschätzten Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

2.3 Atemfrequenz

2.3.1 Boxplot

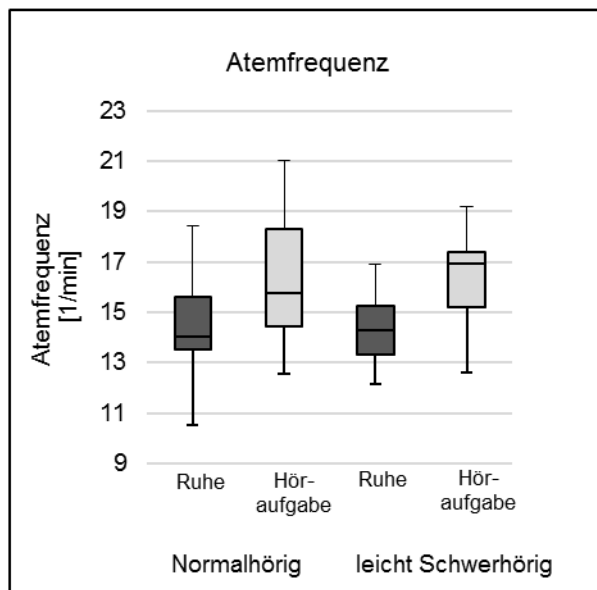


Abbildung 17: Boxplot Atemfrequenz (Hauptversuch)

2.3.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Atemfrequenz.spv

Tabelle 35: Modelleffekte Atemfrequenz (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	2757,811	1	,000
Gruppe	,232	1	,630
Bedingung	56,922	1	,000
Gruppe * Bedingung	,004	1	,948

Dependent Variable: Atmung

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

Tabelle 36: Parameterschätzungen Atemfrequenz (Hauptversuch)

Parameter Estimates				
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	Hypothesis Test
			Interval	

			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	16,194	,4572	15,298	17,090	1254,781	1	,000
[Gruppe=1]	,299	,7250	-1,122	1,720	,170	1	,680
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	-1,926	,3047	-2,523	-1,329	39,970	1	,000
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0]	-,034	,5151	-1,043	,976	,004	1	,948
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	3,881						

Dependent Variable: Atmung

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 37: Geschätzte Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Estimates					
Gruppe	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	14,5330	,39516	13,7585	15,3075
	Höraufgabe	16,4931	,56274	15,3901	17,5960
leicht Schwerhörig	Ruhe	14,2681	,36920	13,5445	14,9918
	Höraufgabe	16,1943	,45717	15,2983	17,0904

Tabelle 38: Paarweisen Vergleiche der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
Gruppe*Bedingung	Gruppe*Bedingung					Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-1,9601 ^a	,41533	1	,000	-3,0558	-,8643
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	,2649	,54080	1	1,000	-1,1619	1,6916
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-1,6613 ^a	,60428	1	,036	-3,2556	-,0671

[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	1,9601 ^a	,41533	1	,000	,8643	3,0558
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	2,2249 ^a	,67304	1	,006	,4493	4,0006
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	,2987	,72504	1	1,000	-1,6141	2,2116
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-,2649	,54080	1	1,000	-1,6916	1,1619
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-2,2249 ^a	,67304	1	,006	-4,0006	-,4493
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-1,9262 ^a	,30467	1	,000	-2,7300	-1,1224
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	1,6613 ^a	,60428	1	,036	,0671	3,2556
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-,2987	,72504	1	1,000	-2,2116	1,6141
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	1,9262 ^a	,30467	1	,000	1,1224	2,7300

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Atmung

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

2.3.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung

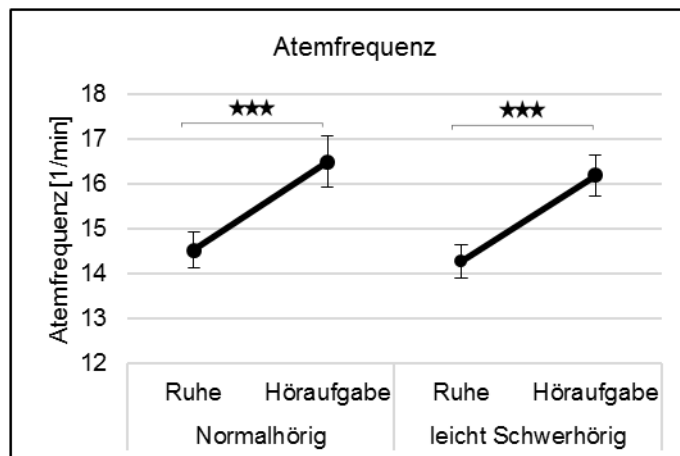


Abbildung 18: Abbildung der geschätzten Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

2.3.4 Generalized Linear Models: Aufgabenmodell

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE_Aufgaben_Atmung.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Atemfrequenz_Aufgabenmodell.spv

Tabelle 39: Modelleffekte des Aufgabenmodells Atemfrequenz (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	2757,811	1	,000
Gruppe	,232	1	,630
Bedingung	56,922	1	,000
Aufgabe	4,797	3	,187
Gruppe * Bedingung	,004	1	,948
Gruppe * Aufgabe	4,290	3	,232
Bedingung * Aufgabe	35,413	3	,000
Gruppe * Bedingung *	4,314	3	,230
Aufgabe			

Dependent Variable: Atmung

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Aufgabe, Gruppe * Bedingung,

Gruppe * Aufgabe, Bedingung * Aufgabe, Gruppe * Bedingung * Aufgabe

Tabelle 40: Parameterschätzungen des Aufgabenmodells Atemfrequenz (Hauptversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Interval		Wald Chi-Square	df	Sig.
			Lower	Upper			
(Intercept)	16,014	,4803	15,073	16,955	1111,786	1	,000
[Gruppe=1]	,284	,7563	-1,198	1,767	,141	1	,707
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	-1,528	,3222	-2,159	-,896	22,482	1	,000
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]	,104	,1833	-,255	,463	,323	1	,570
[Aufgabe=1]	,677	,2179	,250	1,104	9,649	1	,002
[Aufgabe=2]	-,060	,2178	-,487	,367	,075	1	,784
[Aufgabe=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	-,304	,5403	-1,363	,755	,316	1	,574
[Bedingung=0]							

[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *	,475	,3006	-,114	1,064	2,501	1	,114
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *	-,308	,2900	-,876	,260	1,128	1	,288
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *	-,110	,2956	-,689	,469	,139	1	,710
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Bedingung=0] *	-,339	,3448	-1,014	,337	,965	1	,326
[Aufgabe=0]							
[Bedingung=0] *	-1,233	,3719	-1,962	-,504	10,990	1	,001
[Aufgabe=1]							
[Bedingung=0] *	-,023	,2755	-,563	,517	,007	1	,933
[Aufgabe=2]							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	-,009	,4836	-,957	,939	,000	1	,985
[Aufgabe=0]							

[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	,820	,4352	-,033	1,673	3,547	1	,060
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	,269	,4451	-,603	1,141	,365	1	,546
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							

[Gruppe=2] *						
[Bedingung=1] *	0 ^a					
[Aufgabe=3]						
(Scale)	4,298					

Dependent Variable: Atmung

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Aufgabe, Gruppe * Bedingung, Gruppe * Aufgabe, Bedingung * Aufgabe, Gruppe * Bedingung * Aufgabe

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 41: Geschätzte Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Estimates						
Gruppe	Bedingung	Aufgabe	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
					Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	mRA	14,69900	,402368	13,91037	15,48763
		mRnA	14,42284	,394195	13,65023	15,19545
		oRA	14,54316	,429246	13,70185	15,38446
		oRnA	14,46705	,453911	13,57740	15,35670
	Höraufgabe	mRA	16,87789	,567509	15,76560	17,99019
		mRnA	16,66737	,538027	15,61286	17,72188
		oRA	16,12863	,632731	14,88850	17,36876
		oRnA	16,29842	,584293	15,15323	17,44361
leicht Schwerhörig	Ruhe	mRA	14,25187	,469423	13,33181	15,17192
		mRnA	13,93060	,378705	13,18835	14,67285
		oRA	14,40367	,392945	13,63351	15,17382
		oRnA	14,48647	,382568	13,73665	15,23629
	Höraufgabe	mRA	16,11813	,547482	15,04509	17,19118
		mRnA	16,69093	,425453	15,85706	17,52481
		oRA	15,95427	,455510	15,06148	16,84705
		oRnA	16,01400	,480274	15,07268	16,95532

Tabelle 42: Paarweisen Vergleiche der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean				95% Wald Confidence	
Gruppe*Bedingung* Aufgabe	Gruppe*Bedingung* Aufgabe	Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=1]	,27616	,257630	1	1,000	-,63309	1,18541

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,15584	,261533	1	1,000	-,76718	1,07887
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,23195	,209742	1	1,000	-,50829	,97219
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,17889 ^a	,421807	1	,000	-3,66758	-,69021
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,96837 ^a	,449206	1	,001	-3,55375	-,38299
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,42963	,424669	1	,091	-2,92841	,06915
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,59942 ^a	,418160	1	,016	-3,07523	-,12361
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,44713	,618270	1	1,000	-1,73492	2,62919
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,76840	,552555	1	1,000	-1,18173	2,71853
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,29533	,562410	1	1,000	-1,68958	2,28025
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,21253	,555210	1	1,000	-1,74697	2,17203
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,41913	,679438	1	1,000	-3,81707	,97880
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-1,99193	,585585	1	,080	-4,05864	,07477
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,25527	,607774	1	1,000	-3,40028	,88975
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,31500	,626549	1	1,000	-3,52628	,89628
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-2,27616	,257630	1	1,000	-1,18541	,63309
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,12032	,229795	1	1,000	-,93133	,69070
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,04421	,176690	1	1,000	-,66780	,57938
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,45505 ^a	,438834	1	,000	-4,00383	-,90628
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,24453 ^a	,496608	1	,001	-3,99720	-,49185
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,70579	,497800	1	,073	-3,46267	,05109

	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,87558 ^a	,487631	1	,014	-3,59657	-,15459
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,17098	,612982	1	1,000	-1,99242	2,33437
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,49224	,546633	1	1,000	-1,43699	2,42147
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,01918	,556592	1	1,000	-1,94520	1,98355
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,06362	,549316	1	1,000	-2,00232	1,87507
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,69529	,674630	1	1,000	-4,07626	,68568
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,26809 ^a	,580000	1	,011	-4,31508	-,22110
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,53142	,602395	1	1,000	-3,65745	,59460
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,59116	,621331	1	1,000	-3,78402	,60170
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,15584	,261533	1	1,000	-1,07887	,76718
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,12032	,229795	1	1,000	-,69070	,93133
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,07611	,262831	1	1,000	-,85150	1,00371
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,33474 ^a	,455814	1	,000	-3,94344	-,72604
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,12421 ^a	,549015	1	,013	-4,06185	-,18657
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,58547	,507823	1	,215	-3,37773	,20678
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,75526 ^a	,492884	1	,044	-3,49480	-,01573
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,29129	,636090	1	1,000	-1,95366	2,53624
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,61256	,572424	1	1,000	-1,40770	2,63281
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,13949	,581943	1	1,000	-1,91436	2,19334
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,05669	,574987	1	1,000	-1,97261	2,08599
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,57498	,695693	1	1,000	-4,03028	,88033

	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,14778 ^a	,604369	1	,046	-4,28077	-,01478
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,41111	,625893	1	1,000	-3,62007	,79785
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,47084	,644139	1	1,000	-3,74420	,80252
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,23195	,209742	1	1,000	-,97219	,50829
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,04421	,176690	1	1,000	-,57938	,66780
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,07611	,262831	1	1,000	-1,00371	,85150
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,41084 ^a	,420586	1	,000	-3,89522	-,92647
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,20032 ^a	,462234	1	,000	-3,83168	-,56896
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,66158 ^a	,435781	1	,016	-3,19958	-,12358
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,83137 ^a	,433712	1	,003	-3,36207	-,30067
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,21519	,652988	1	1,000	-2,08940	2,51977
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,53645	,591145	1	1,000	-1,54987	2,62278
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,06339	,600367	1	1,000	-2,05549	2,18226
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,01941	,593627	1	1,000	-2,11450	2,07567
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,65108	,711176	1	1,000	-4,16103	,85887
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,22388 ^a	,622130	1	,042	-4,41956	-,02820
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,48721	,643059	1	1,000	-3,75676	,78233
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,54695	,660832	1	1,000	-3,87922	,78532
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	2,17889 ^a	,421807	1	,000	,69021	3,66758
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,45505 ^a	,438834	1	,000	,90628	4,00383
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,33474 ^a	,455814	1	,000	,72604	3,94344

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,41084 ^a	,420586	1	,000	,92647	3,89522
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,21053	,275048	1	1,000	-,76020	1,18125
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,74926	,261777	1	,505	-,17462	1,67315
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,57947	,238194	1	1,000	-,26118	1,42013
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	2,62603 ^a	,736495	1	,044	,02672	5,22534
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,94729 ^a	,682264	1	,002	,53938	5,35521
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,47423 ^a	,690270	1	,041	,03806	4,91039
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,39143	,684416	1	,057	-,02408	4,80693
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,75976	,788545	1	1,000	-2,02325	3,54277
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,18696	,709279	1	1,000	-2,31629	2,69022
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,92363	,727706	1	1,000	-1,64466	3,49192
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,86389	,743458	1	1,000	-1,75999	3,48778
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,96837 ^a	,449206	1	,001	,38299	3,55375
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,24453 ^a	,496608	1	,001	,49185	3,99720
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,12421 ^a	,549015	1	,013	,18657	4,06185
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,20032 ^a	,462234	1	,000	,56896	3,83168
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,21053	,275048	1	1,000	-1,18125	,76020
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,53874	,262539	1	1,000	-,38784	1,46531
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,36895	,191301	1	1,000	-,30621	1,04411
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	2,41550	,714024	1	,086	-,10450	4,93551
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,73677 ^a	,657944	1	,004	,41469	5,05885

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,26370	,666242	1	,082	-,08766	4,61507
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,18090	,660175	1	,115	-,14905	4,51086
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,54924	,767600	1	1,000	-2,15985	3,25832
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,02356	,685918	1	1,000	-2,44437	2,39724
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,71310	,704956	1	1,000	-1,77490	3,20110
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,65337	,721205	1	1,000	-1,89198	3,19871
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,42963	,424669	1	,091	-,06915	2,92841
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,70579	,497800	1	,073	-,05109	3,46267
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,58547	,507823	1	,215	-,20678	3,37773
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,66158 ^a	,435781	1	,016	,12358	3,19958
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,74926	,261777	1	,505	-1,67315	,17462
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,53874	,262539	1	1,000	-1,46531	,38784
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,16979	,199809	1	1,000	-,87497	,53540
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,87676	,787849	1	1,000	-,90379	4,65732
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,19803	,737405	1	,345	-,40449	4,80055
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,72496	,744818	1	1,000	-,90372	4,35365
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,64216	,739396	1	1,000	-,96738	4,25171
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,01050	,836710	1	1,000	-2,94250	2,96350
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,56230	,762468	1	1,000	-3,25328	2,12867
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,17436	,779639	1	1,000	-2,57721	2,92594
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,11463	,794362	1	1,000	-2,68891	2,91817

[Gruppe=1]*[Bedingu ng=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=0]	1,59942 ^a	,418160	1	,016	,12361	3,07523
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=1]	1,87558 ^a	,487631	1	,014	,15459	3,59657
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=2]	1,75526 ^a	,492884	1	,044	,01573	3,49480
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=3]	1,83137 ^a	,433712	1	,003	,30067	3,36207
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=1]*[Aufgabe=0]	-,57947	,238194	1	1,000	-1,42013	,26118
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=1]*[Aufgabe=1]	-,36895	,191301	1	1,000	-1,04411	,30621
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=1]*[Aufgabe=2]	,16979	,199809	1	1,000	-,53540	,87497
	[Gruppe=2]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=0]	2,04655	,749504	1	,759	-,59867	4,69178
	[Gruppe=2]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=1]	2,36782	,696287	1	,081	-,08958	4,82523
	[Gruppe=2]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=2]	1,89475	,704134	1	,855	-,59034	4,37985
	[Gruppe=2]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=3]	1,81195	,698396	1	1,000	-,65289	4,27680
	[Gruppe=2]*[Bedingu ng=1]*[Aufgabe=0]	,18029	,800709	1	1,000	-2,64565	3,00623
	[Gruppe=2]*[Bedingu ng=1]*[Aufgabe=1]	-,39251	,722778	1	1,000	-2,94341	2,15839
	[Gruppe=2]*[Bedingu ng=1]*[Aufgabe=2]	,34415	,740870	1	1,000	-2,27059	2,95890
	[Gruppe=2]*[Bedingu ng=1]*[Aufgabe=3]	,28442	,756348	1	1,000	-2,38495	2,95380
[Gruppe=2]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=0]	-,44713	,618270	1	1,000	-2,62919	1,73492
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=1]	-,17098	,612982	1	1,000	-2,33437	1,99242
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=2]	-,29129	,636090	1	1,000	-2,53624	1,95366
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=3]	-,21519	,652988	1	1,000	-2,51977	2,08940
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=1]*[Aufgabe=0]	-2,62603 ^a	,736495	1	,044	-5,22534	-,02672
	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=1]*[Aufgabe=1]	-2,41550	,714024	1	,086	-4,93551	,10450

	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,87676	,787849	1	1,000	-4,65732	,90379
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,04655	,749504	1	,759	-4,69178	,59867
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,32127	,347370	1	1,000	-,90470	1,54724
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,15180	,318541	1	1,000	-1,27603	,97243
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,23460	,321885	1	1,000	-1,37063	,90143
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,86627 ^a	,408649	1	,001	-3,30851	-,42402
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,43907 ^a	,373785	1	,000	-3,75826	-1,11987
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,70240 ^a	,376449	1	,001	-3,03100	-,37380
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,76213 ^a	,354517	1	,000	-3,01333	-,51094
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,76840	,552555	1	1,000	-2,71853	1,18173
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,49224	,546633	1	1,000	-2,42147	1,43699
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,61256	,572424	1	1,000	-2,63281	1,40770
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,53645	,591145	1	1,000	-2,62278	1,54987
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,94729 ^a	,682264	1	,002	-5,35521	-,53938
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,73677 ^a	,657944	1	,004	-5,05885	-,41469
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-2,19803	,737405	1	,345	-4,80055	,40449
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,36782	,696287	1	,081	-4,82523	,08958
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,32127	,347370	1	1,000	-1,54724	,90470
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,47307	,168481	1	,599	-1,06769	,12155
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,55587	,263385	1	1,000	-1,48543	,37370
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,18753 ^a	,350825	1	,000	-3,42570	-,94937

	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,76033 ^a	,391292	1	,000	-4,14132	-1,37935
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-2,02367 ^a	,375316	1	,000	-3,34827	-,69907
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-2,08340 ^a	,344708	1	,000	-3,29998	-,86682
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,29533	,562410	1	1,000	-2,28025	1,68958
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,01918	,556592	1	1,000	-1,98355	1,94520
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,13949	,581943	1	1,000	-2,19334	1,91436
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,06339	,600367	1	1,000	-2,18226	2,05549
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,47423 ^a	,690270	1	,041	-4,91039	-,03806
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,26370	,666242	1	,082	-4,61507	,08766
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,72496	,744818	1	1,000	-4,35365	,90372
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,89475	,704134	1	,855	-4,37985	,59034
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,15180	,318541	1	1,000	-,97243	1,27603
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,47307	,168481	1	,599	-,12155	1,06769
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,08280	,231724	1	1,000	-,90062	,73502
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,71447 ^a	,417752	1	,005	-3,18884	-,24009
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,28727 ^a	,407919	1	,000	-3,72693	-,84760
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,55060 ^a	,406246	1	,016	-2,98436	-,11684
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,61033 ^a	,383689	1	,003	-2,96448	-,25618
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,21253	,555210	1	1,000	-2,17203	1,74697
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,06362	,549316	1	1,000	-1,87507	2,00232
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,05669	,574987	1	1,000	-2,08599	1,97261

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,01941	,593627	1	1,000	-2,07567	2,11450
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-2,39143	,684416	1	,057	-4,80693	,02408
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,18090	,660175	1	,115	-4,51086	,14905
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,64216	,739396	1	1,000	-4,25171	,96738
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,81195	,698396	1	1,000	-4,27680	,65289
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,23460	,321885	1	1,000	-,90143	1,37063
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,55587	,263385	1	1,000	-,37370	1,48543
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,08280	,231724	1	1,000	-,73502	,90062
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-1,63167 ^a	,404314	1	,007	-3,05861	-,20472
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-2,20447 ^a	,341539	1	,000	-3,40986	-,99907
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-1,46780 ^a	,383191	1	,015	-2,82019	-,11541
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-1,52753 ^a	,322158	1	,000	-2,66453	-,39054
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,41913	,679438	1	1,000	-,97880	3,81707
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,69529	,674630	1	1,000	-,68568	4,07626
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,57498	,695693	1	1,000	-,88033	4,03028
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,65108	,711176	1	1,000	-,85887	4,16103
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,75976	,788545	1	1,000	-3,54277	2,02325
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,54924	,767600	1	1,000	-3,25832	2,15985
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,01050	,836710	1	1,000	-2,96350	2,94250
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,18029	,800709	1	1,000	-3,00623	2,64565
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,86627 ^a	,408649	1	,001	,42402	3,30851

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,18753 ^a	,350825	1	,000	,94937	3,42570
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,71447 ^a	,417752	1	,005	,24009	3,18884
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,63167 ^a	,404314	1	,007	,20472	3,05861
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,57280	,307904	1	1,000	-1,65948	,51388
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,16387	,303843	1	1,000	-,90848	1,23622
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,10413	,183348	1	1,000	-,54296	,75122
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,99193	,585585	1	,080	-,07477	4,05864
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,26809 ^a	,580000	1	,011	,22110	4,31508
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,14778 ^a	,604369	1	,046	,01478	4,28077
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,22388 ^a	,622130	1	,042	,02820	4,41956
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,18696	,709279	1	1,000	-2,69022	2,31629
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,02356	,685918	1	1,000	-2,39724	2,44437
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,56230	,762468	1	1,000	-2,12867	3,25328
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,39251	,722778	1	1,000	-2,15839	2,94341
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	2,43907 ^a	,373785	1	,000	1,11987	3,75826
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,76033 ^a	,391292	1	,000	1,37935	4,14132
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	2,28727 ^a	,407919	1	,000	,84760	3,72693
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	2,20447 ^a	,341539	1	,000	,99907	3,40986
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,57280	,307904	1	1,000	-,51388	1,65948
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,73667 ^a	,125763	1	,000	,29281	1,18052
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,67693	,217927	1	,227	-,09219	1,44606

[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,25527	,607774	1	1,000	-,88975	3,40028
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,53142	,602395	1	1,000	-,59460	3,65745
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,41111	,625893	1	1,000	-,79785	3,62007
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,48721	,643059	1	1,000	-,78233	3,75676
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,92363	,727706	1	1,000	-3,49192	1,64466
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,71310	,704956	1	1,000	-3,20110	1,77490
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,17436	,779639	1	1,000	-2,92594	2,57721
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,34415	,740870	1	1,000	-2,95890	2,27059
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,70240 ^a	,376449	1	,001	,37380	3,03100
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,02367 ^a	,375316	1	,000	,69907	3,34827
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,55060 ^a	,406246	1	,016	,11684	2,98436
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,46780 ^a	,383191	1	,015	,11541	2,82019
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,16387	,303843	1	1,000	-1,23622	,90848
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,73667 ^a	,125763	1	,000	-1,18052	-,29281
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,05973	,217836	1	1,000	-,82854	,70907
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,31500	,626549	1	1,000	-,89628	3,52628
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	1,59116	,621331	1	1,000	-,60170	3,78402
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,47084	,644139	1	1,000	-,80252	3,74420
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,54695	,660832	1	1,000	-,78532	3,87922
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,86389	,743458	1	1,000	-3,48778	1,75999
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,65337	,721205	1	1,000	-3,19871	1,89198

[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,11463	,794362	1	1,000	-2,91817	2,68891
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,28442	,756348	1	1,000	-2,95380	2,38495
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	1,76213 ^a	,354517	1	,000	,51094	3,01333
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	2,08340 ^a	,344708	1	,000	,86682	3,29998
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	1,61033 ^a	,383689	1	,003	,25618	2,96448
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	1,52753 ^a	,322158	1	,000	,39054	2,66453
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,10413	,183348	1	1,000	-,75122	,54296
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,67693	,217927	1	,227	-1,44606	,09219
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,05973	,217836	1	1,000	-,70907	,82854

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Atmung

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

2.3.5 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung*Aufgaben

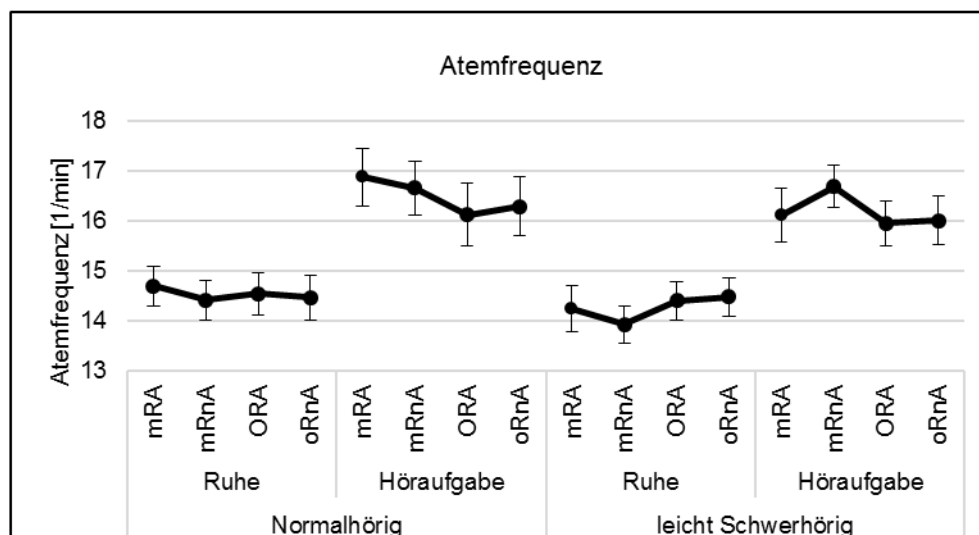


Abbildung 19: Abbildung der geschätzten Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

2.4 Sauerstoffsättigung

2.4.1 Boxplot

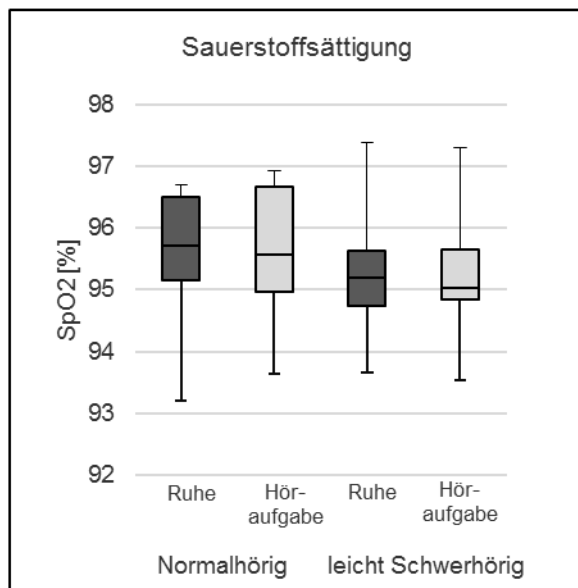


Abbildung 20: Boxplot Sauerstoffsättigung

2.4.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Sauerstoffsättigung.spv

Tabelle 43: Modelleffekte Sauerstoffsättigung (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	401812,372	1	,000
Gruppe	2,020	1	,155
Bedingung	,250	1	,617
Gruppe * Bedingung	,959	1	,327

Dependent Variable: Sauerstoffsättigung

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

Tabelle 44: Parameterschätzungen Sauerstoffsättigung (Hauptversuch)

Parameter Estimates				
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	Hypothesis Test
			Interval	

			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	95,190	,2224	94,754	95,626	183233,702	1	,000
[Gruppe=1]	,489	,3096	-,117	1,096	2,499	1	,114
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	,093	,1014	-,106	,291	,834	1	,361
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0]	-,123	,1252	-,368	,123	,959	1	,327
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	,854						

Dependent Variable: Sauerstoffsättigung

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 45: Geschätzte Randmittel der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Estimates					
Gruppe	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	95,6496	,20594	95,2459	96,0532
	Höraufgabe	95,6796	,21538	95,2574	96,1017
leicht Schwerhörig	Ruhe	95,2829	,22579	94,8403	95,7254
	Höraufgabe	95,1902	,22238	94,7544	95,6261

Tabelle 46: Paarweisen Vergleiche der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
Gruppe*Bedingung	Gruppe*Bedingung					Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-,0300	,07347	1	1,000	-,2239	,1638
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	,3667	,30561	1	1,000	-,4396	1,1730

	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	,4593	,30309	1	,778	-,3403	1,2590
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	,0300	,07347	1	1,000	-,1638	,2239
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	,3967	,31204	1	1,000	-,4265	1,2200
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	,4894	,30958	1	,684	-,3274	1,3061
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-,3667	,30561	1	1,000	-1,1730	,4396
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-,3967	,31204	1	1,000	-1,2200	,4265
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	,0926	,10142	1	1,000	-,1749	,3602
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-,4593	,30309	1	,778	-1,2590	,3403
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-,4894	,30958	1	,684	-1,3061	,3274
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-,0926	,10142	1	1,000	-,3602	,1749

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable
Sauerstoffsättigung

2.4.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung

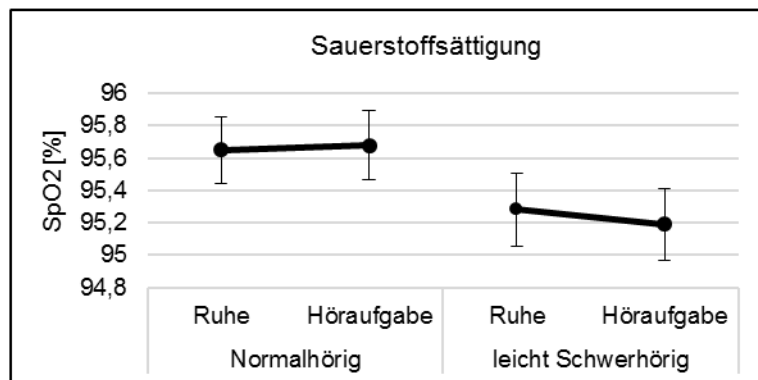


Abbildung 21: Abbildung der geschätzten Randmittel der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

2.5 Cortisol

2.5.1 Boxplot

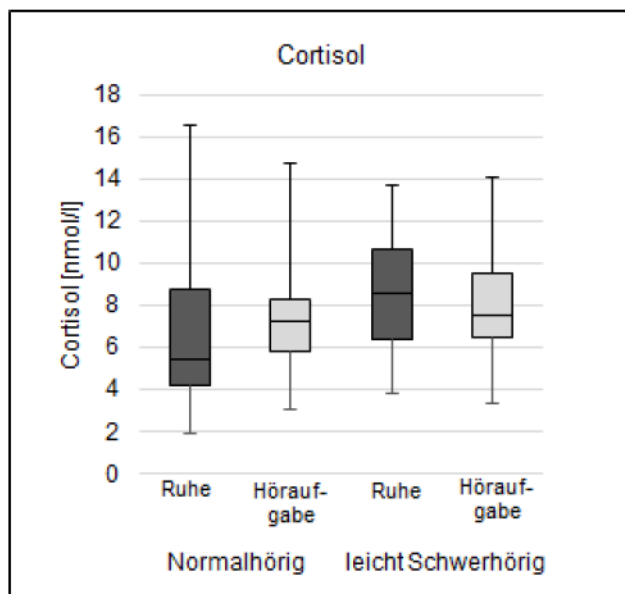


Abbildung 22: Boxplot Cortisol (Hauptversuch)

2.5.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Cortisol.spv

Tabelle 47: Modelleffekte Cortisol (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	319,528	1	,000
Gruppe	2,603	1	,107
Bedingung	,007	1	,935
Gruppe * Bedingung	2,081	1	,149

Dependent Variable: Cortisol

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

Tabelle 48: Parameterschätzungen Cortisol (Hauptversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	7,875	,7473	6,410	9,340	111,027	1	,000
[Gruppe=1]	-,586	,9234	-2,396	1,224	,403	1	,526
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	,831	,8460	-,827	2,489	,964	1	,326
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	-1,572	1,0900	-3,709	,564	2,081	1	,149
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	9,012						

Dependent Variable: Cortisol

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 49: Geschätzte Randmittel des Cortisol für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Estimates					
Gruppe	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	6,5467	,77438	5,0290	8,0645
	Höraufgabe	7,2885	,54240	6,2254	8,3516
leicht Schwerhörig	Ruhe	8,7054	,76764	7,2009	10,2100
	Höraufgabe	7,8748	,74735	6,4100	9,3395

Tabelle 50: Paarweisen Vergleiche des Cortisol für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-,7418	,68739	1	1,000	-2,5553	1,0717

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-2,1587	1,09039	1	,286	-5,0354	,7180
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-1,3280	1,07620	1	1,000	-4,1673	1,5112
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	,7418	,68739	1	1,000	-1,0717	2,5553
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-1,4169	,93993	1	,790	-3,8967	1,0629
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-,5863	,92343	1	1,000	-3,0225	1,8500
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	2,1587	1,09039	1	,286	-,7180	5,0354
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	1,4169	,93993	1	,790	-1,0629	3,8967
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	,8307	,84596	1	1,000	-1,4012	3,0625
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	1,3280	1,07620	1	1,000	-1,5112	4,1673
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	,5863	,92343	1	1,000	-1,8500	3,0225
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-,8307	,84596	1	1,000	-3,0625	1,4012

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Cortisol

2.5.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung

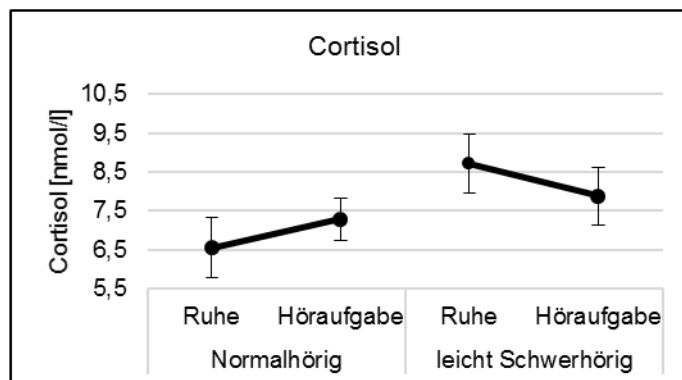


Abbildung 23: Abbildung der geschätzten Randmittel des Cortisol für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

2.6 Frequenz des Peaks im Alphaband

2.6.1 Boxplot

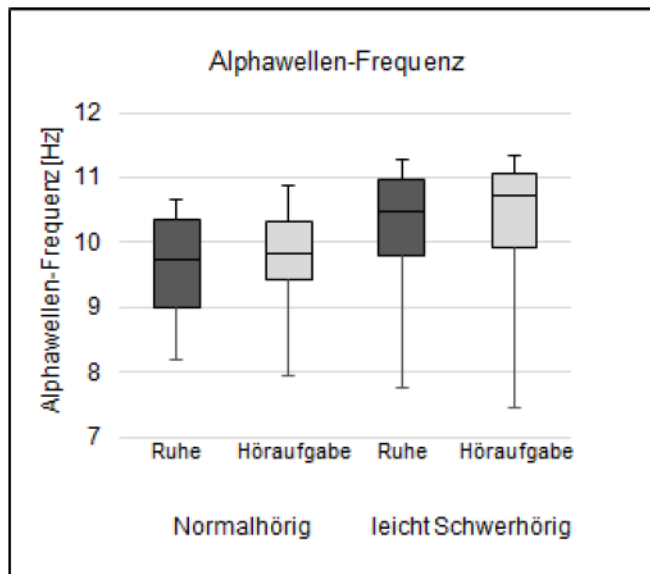


Abbildung 24: Boxplot Alphawellen-Frequenz (Hauptversuch)

2.6.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE_Alphawerte.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Alphawellenwellen_Frequenz.spv

Tabelle 51: Modelleffekte Alphawellen-Frequenz (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	3157,495	1	,000
Gruppe	2,057	1	,152
Bedingung	4,431	1	,035
Gruppe * Bedingung	,032	1	,858

Dependent Variable: AlphaFrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

Tabelle 52: Parameterschätzungen Alphawellen-Frequenz (Hauptversuch)

Parameter Estimates				
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	Hypothesis Test
			Interval	

			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	10,241	,3038	9,645	10,836	1136,116	1	,000
[Gruppe=1]	-,514	,3672	-1,234	,205	1,961	1	,161
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	-,084	,0444	-,171	,003	3,562	1	,059
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	,013	,0734	-,131	,157	,032	1	,858
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
(Scale)	,987						

Dependent Variable: AlphaFrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 53: Geschätzte Randmittel der Alphawelle-Frequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Estimates					
Gruppe	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	9,6560	,19829	9,2674	10,0447
	Höraufgabe	9,7267	,20623	9,3225	10,1309
leicht Schwerhörig	Ruhe	10,1571	,28129	9,6058	10,7084
	Höraufgabe	10,2409	,30383	9,6455	10,8364

Tabelle 54: Paarweisen Vergleiche der Alphawellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
Gruppe*Bedingung	Gruppe*Bedingung					Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-,0707	,05843	1	1,000	-,2248	,0835
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-,5011	,34416	1	,872	-1,4091	,4069

	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-,5849	,36281	1	,642	-1,5421	,3723
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	,0707	,05843	1	1,000	-,0835	,2248
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-,4304	,34879	1	1,000	-1,3506	,4898
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-,5142	,36721	1	,968	-1,4830	,4546
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	,5011	,34416	1	,872	-,4069	1,4091
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	,4304	,34879	1	1,000	-,4898	1,3506
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	-,0838	,04441	1	,355	-,2010	,0334
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	,5849	,36281	1	,642	-,3723	1,5421
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	,5142	,36721	1	,968	-,4546	1,4830
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	,0838	,04441	1	,355	-,0334	,2010

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable AlphaFrequenz

2.6.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung

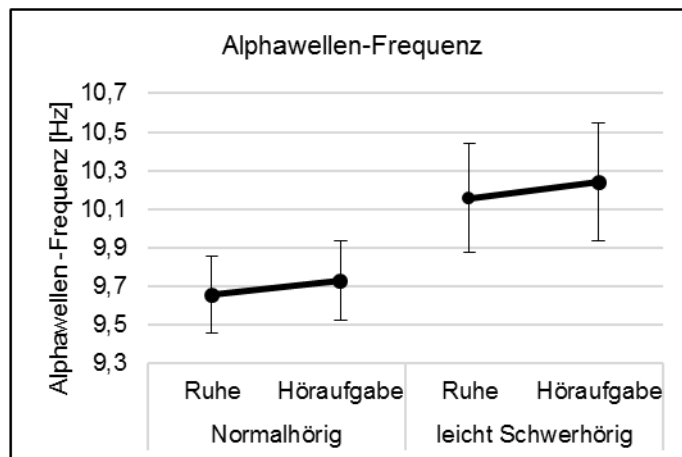


Abbildung 25: Abbildung der geschätzten Randmittel der AlphaWellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

2.6.4 Generalized Linear Models: Aufgabenmodell

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE_Aufgaben.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Alphawellenwellen_Frequenz_Aufgabenmodell.spv

Tabelle 55: Modelleffekte des Aufgabenmodells Alphawellen-Frequenz (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	3157,495	1	,000
Gruppe	2,057	1	,152
Bedingung	4,431	1	,035
Aufgabe	1,736	3	,629
Gruppe * Bedingung	,032	1	,858
Gruppe * Aufgabe	6,182	3	,103
Bedingung * Aufgabe	5,845	3	,119
Gruppe * Bedingung *	6,818	3	,078
Aufgabe			

Dependent Variable: Alphafrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Aufgabe, Gruppe * Bedingung,
Gruppe * Aufgabe, Bedingung * Aufgabe, Gruppe * Bedingung * Aufgabe

Tabelle 56: Parameteschtätzungen des Aufgabenmodells Alphawellen-Frequenz (Hauptversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	10,300	,3027	9,707	10,893	1157,797	1	,000
[Gruppe=1]	-,676	,3770	-1,415	,063	3,217	1	,073
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	-,122	,0432	-,206	-,037	7,942	1	,005
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]	-,129	,0489	-,224	-,033	6,903	1	,009
[Aufgabe=1]	-,021	,0453	-,110	,067	,224	1	,636
[Aufgabe=2]	-,086	,0523	-,189	,017	2,699	1	,100
[Aufgabe=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0]	,069	,1036	-,134	,272	,441	1	,506

[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *	,223	,0853	,056	,390	6,831	1	,009
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *	,157	,0922	-,024	,337	2,894	1	,089
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *	,268	,1270	,019	,517	4,461	1	,035
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Bedingung=0] *	,143	,0531	,039	,247	7,257	1	,007
[Aufgabe=0]							
[Bedingung=0] *	-,036	,0868	-,206	,135	,167	1	,683
[Aufgabe=1]							
[Bedingung=0] *	,044	,0513	-,057	,144	,733	1	,392
[Aufgabe=2]							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	-,102	,1022	-,303	,098	1,007	1	,316
[Aufgabe=0]							

[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	,083	,1166	-,146	,312	,506	1	,477
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	-,203	,1275	-,453	,047	2,540	1	,111
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							

[Gruppe=2] *						
[Bedingung=1] *	0 ^a					
[Aufgabe=3]						
(Scale)	1,028					

Dependent Variable: Alphafrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Aufgabe, Gruppe * Bedingung, Gruppe * Aufgabe, Bedingung * Aufgabe, Gruppe * Bedingung * Aufgabe

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 57: Geschätzte Randmittel der Alphawellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Estimates						
Gruppe	Bedingung	Aufgabe	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
					Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	mRA	9,70588	,199271	9,31532	10,09645
		mRnA	9,75365	,210853	9,34038	10,16691
		oRA	9,59376	,207331	9,18740	10,00013
		oRnA	9,57082	,213142	9,15307	9,98857
	Höraufgabe	mRA	9,71812	,215502	9,29574	10,14049
		mRnA	9,75906	,219344	9,32915	10,18897
		oRA	9,80594	,187499	9,43845	10,17343
		oRnA	9,62371	,224782	9,18314	10,06427
leicht Schwerhörig	Ruhe	mRA	10,19286	,273277	9,65724	10,72847
		mRnA	10,12129	,256345	9,61886	10,62371
		oRA	10,13614	,298143	9,55179	10,72049
		oRnA	10,17821	,305283	9,57987	10,77656
	Höraufgabe	mRA	10,17143	,291372	9,60035	10,74251
		mRnA	10,27850	,312106	9,66678	10,89022
		oRA	10,21393	,316245	9,59410	10,83376
		oRnA	10,29993	,302704	9,70664	10,89322

Tabelle 58: Paarweisen Vergleiche der Alphawellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean				95% Wald Confidence	
Gruppe*Bedingung* Aufgabe	Gruppe*Bedingung* Aufgabe	Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingu ng=0]*[Aufgabe=1]	-,04776	,080226	1	1,000	-,33091	,23538

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,11212	,132977	1	1,000	-,35720	,58143
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,13506	,085230	1	1,000	-,16574	,43586
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,01224	,075695	1	1,000	-,27938	,25491
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,05318	,099043	1	1,000	-,40273	,29638
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,10006	,104531	1	1,000	-,46898	,26886
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,08218	,083666	1	1,000	-,21311	,37746
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,48697	,338214	1	1,000	-1,68063	,70668
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,41540	,324687	1	1,000	-1,56132	,73051
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,43026	,358606	1	1,000	-1,69589	,83537
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,47233	,364564	1	1,000	-1,75898	,81432
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,46555	,352997	1	1,000	-1,71138	,78028
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,57262	,370295	1	1,000	-1,87950	,73426
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,50805	,373791	1	1,000	-1,82726	,81117
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,59405	,362406	1	1,000	-1,87309	,68499
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,04776	,080226	1	1,000	-,23538	,33091
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,15988	,107521	1	1,000	-,21959	,53936
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,18282	,096162	1	1,000	-,15656	,52221
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,03553	,043916	1	1,000	-,11946	,19052
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,00541	,036610	1	1,000	-,13462	,12380
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,05229	,097476	1	1,000	-,39631	,29173

	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,12994	,081919	1	1,000	-,15918	,41906
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,43921	,345166	1	1,000	-1,65740	,77898
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,36764	,331921	1	1,000	-1,53909	,80381
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,38250	,365169	1	1,000	-1,67129	,90629
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,42457	,371022	1	1,000	-1,73401	,88488
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,41778	,359662	1	1,000	-1,68714	,85157
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,52485	,376655	1	1,000	-1,85418	,80447
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,46028	,380092	1	1,000	-1,80174	,88118
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,54628	,368902	1	1,000	-1,84825	,75568
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,11212	,132977	1	1,000	-,58143	,35720
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,15988	,107521	1	1,000	-,53936	,21959
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,02294	,094939	1	1,000	-,31213	,35801
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,12435	,117787	1	1,000	-,54006	,29135
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,16529	,111779	1	1,000	-,55980	,22921
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,21218	,112220	1	1,000	-,60824	,18388
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,02994	,112459	1	1,000	-,42684	,36696
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,59909	,343025	1	1,000	-1,80973	,61154
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,52752	,329695	1	1,000	-1,69111	,63607
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,54238	,363147	1	1,000	-1,82403	,73927
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,58445	,369031	1	1,000	-1,88687	,71797
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,57766	,357609	1	1,000	-1,83977	,68444

	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,68474	,374694	1	1,000	-2,00714	,63767
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,62016	,378149	1	1,000	-1,95476	,71444
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,70616	,366900	1	1,000	-2,00106	,58873
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,13506	,085230	1	1,000	-,43586	,16574
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,18282	,096162	1	1,000	-,52221	,15656
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,02294	,094939	1	1,000	-,35801	,31213
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,14729	,110134	1	1,000	-,53599	,24140
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,18824	,114564	1	1,000	-,59256	,21609
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,23512	,132624	1	1,000	-,70319	,23295
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,05288	,094160	1	1,000	-,38520	,27944
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,62203	,346568	1	1,000	-1,84518	,60111
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,55046	,333380	1	1,000	-1,72706	,62613
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,56532	,366496	1	1,000	-1,85879	,72815
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,60739	,372327	1	1,000	-1,92144	,70666
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,60061	,361009	1	1,000	-1,87471	,67350
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,70768	,377941	1	1,000	-2,04154	,62619
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,64311	,381366	1	1,000	-1,98906	,70285
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,72911	,370215	1	1,000	-2,03570	,57749
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,01224	,075695	1	1,000	-,25491	,27938
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,03553	,043916	1	1,000	-,19052	,11946
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,12435	,117787	1	1,000	-,29135	,54006

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,14729	,110134	1	1,000	-,24140	,53599
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,04094	,034336	1	1,000	-,16212	,08024
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,08782	,078500	1	1,000	-,36487	,18923
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,09441	,069871	1	1,000	-,15218	,34101
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,47474	,348024	1	1,000	-1,70302	,75354
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,40317	,334893	1	1,000	-1,58511	,77877
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,41803	,367873	1	1,000	-1,71636	,88031
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,46010	,373683	1	1,000	-1,77893	,85874
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,45331	,362407	1	1,000	-1,73235	,82573
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,56038	,379277	1	1,000	-1,89896	,77820
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,49581	,382690	1	1,000	-1,84644	,85482
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,58181	,371578	1	1,000	-1,89322	,72960
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,05318	,099043	1	1,000	-,29638	,40273
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,00541	,036610	1	1,000	-,12380	,13462
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,16529	,111779	1	1,000	-,22921	,55980
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,18824	,114564	1	1,000	-,21609	,59256
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,04094	,034336	1	1,000	-,08024	,16212
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,04688	,091566	1	1,000	-,37004	,27628
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,13535	,080254	1	1,000	-,14789	,41859
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,43380	,350417	1	1,000	-1,67052	,80293
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,36223	,337379	1	1,000	-1,55294	,82848

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,37708	,370137	1	1,000	-1,68341	,92924
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,41916	,375912	1	1,000	-1,74586	,90755
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,41237	,364705	1	1,000	-1,69952	,87478
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,51944	,381473	1	1,000	-1,86577	,82689
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,45487	,384867	1	1,000	-1,81318	,90344
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,54087	,373820	1	1,000	-1,86019	,77845
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,10006	,104531	1	1,000	-,26886	,46898
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,05229	,097476	1	1,000	-,29173	,39631
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,21218	,112220	1	1,000	-,18388	,60824
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,23512	,132624	1	1,000	-,23295	,70319
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,08782	,078500	1	1,000	-,18923	,36487
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,04688	,091566	1	1,000	-,27628	,37004
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,18224	,115708	1	1,000	-,22613	,59060
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,38692	,331415	1	1,000	-1,55658	,78275
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,31534	,317598	1	1,000	-1,43624	,80555
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,33020	,352200	1	1,000	-1,57322	,91282
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,37227	,358265	1	1,000	-1,63670	,89215
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,36549	,346488	1	1,000	-1,58834	,85737
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,47256	,364096	1	1,000	-1,75756	,81244
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,40799	,367650	1	1,000	-1,70553	,88956
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,49399	,356069	1	1,000	-1,75066	,76269

[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,08218	,083666	1	1,000	-,37746	,21311
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,12994	,081919	1	1,000	-,41906	,15918
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,02994	,112459	1	1,000	-,36696	,42684
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,05288	,094160	1	1,000	-,27944	,38520
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,09441	,069871	1	1,000	-,34101	,15218
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,13535	,080254	1	1,000	-,41859	,14789
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,18224	,115708	1	1,000	-,59060	,22613
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,56915	,353846	1	1,000	-1,81798	,67968
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	-,49758	,340939	1	1,000	-1,70085	,70570
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,51244	,373385	1	1,000	-1,83022	,80535
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,55451	,379110	1	1,000	-1,89250	,78348
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,54772	,368001	1	1,000	-1,84651	,75106
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,65479	,384625	1	1,000	-2,01225	,70266
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,59022	,387992	1	1,000	-1,95956	,77911
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,67622	,377036	1	1,000	-2,00690	,65445
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,48697	,338214	1	1,000	-,70668	1,68063
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,43921	,345166	1	1,000	-,77898	1,65740
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,59909	,343025	1	1,000	-,61154	1,80973
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,62203	,346568	1	1,000	-,60111	1,84518
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,47474	,348024	1	1,000	-,75354	1,70302
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,43380	,350417	1	1,000	-,80293	1,67052

	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,38692	,331415	1	1,000	-,78275	1,55658
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,56915	,353846	1	1,000	-,67968	1,81798
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,07157	,062602	1	1,000	-,14937	,29251
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,05671	,044869	1	1,000	-,10164	,21507
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,01464	,049385	1	1,000	-,15965	,18894
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,02143	,052527	1	1,000	-,16396	,20681
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,08564	,067700	1	1,000	-,32458	,15329
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,02107	,054651	1	1,000	-,21395	,17181
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,10707	,055765	1	1,000	-,30388	,08974
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,41540	,324687	1	1,000	-,73051	1,56132
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,36764	,331921	1	1,000	-,80381	1,53909
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,52752	,329695	1	1,000	-,63607	1,69111
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,55046	,333380	1	1,000	-,62613	1,72706
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,40317	,334893	1	1,000	-,77877	1,58511
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,36223	,337379	1	1,000	-,82848	1,55294
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,31534	,317598	1	1,000	-,80555	1,43624
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,49758	,340939	1	1,000	-,70570	1,70085
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,07157	,062602	1	1,000	-,29251	,14937
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	-,01486	,080126	1	1,000	-,29764	,26793
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,05693	,080104	1	1,000	-,33964	,22578
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,05014	,092495	1	1,000	-,37658	,27630

	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,15721	,096257	1	1,000	-,49693	,18250
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,09264	,090776	1	1,000	-,41302	,22773
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,17864	,089358	1	1,000	-,49401	,13673
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,43026	,358606	1	1,000	-,83537	1,69589
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,38250	,365169	1	1,000	-,90629	1,67129
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,54238	,363147	1	1,000	-,73927	1,82403
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,56532	,366496	1	1,000	-,72815	1,85879
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,41803	,367873	1	1,000	-,88031	1,71636
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,37708	,370137	1	1,000	-,92924	1,68341
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,33020	,352200	1	1,000	-,91282	1,57322
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,51244	,373385	1	1,000	-,80535	1,83022
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,05671	,044869	1	1,000	-,21507	,10164
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,01486	,080126	1	1,000	-,26793	,29764
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,04207	,051993	1	1,000	-,22557	,14143
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	-,03529	,066731	1	1,000	-,27080	,20023
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,14236	,060538	1	1,000	-,35601	,07130
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,07779	,047601	1	1,000	-,24579	,09021
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,16379	,067434	1	1,000	-,40178	,07421
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,47233	,364564	1	1,000	-,81432	1,75898
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,42457	,371022	1	1,000	-,88488	1,73401
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,58445	,369031	1	1,000	-,71797	1,88687

	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,60739	,372327	1	1,000	-,70666	1,92144
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,46010	,373683	1	1,000	-,85874	1,77893
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,41916	,375912	1	1,000	-,90755	1,74586
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,37227	,358265	1	1,000	-,89215	1,63670
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,55451	,379110	1	1,000	-,78348	1,89250
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,01464	,049385	1	1,000	-,18894	,15965
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,05693	,080104	1	1,000	-,22578	,33964
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,04207	,051993	1	1,000	-,14143	,22557
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,00679	,059349	1	1,000	-,20268	,21625
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,10029	,063857	1	1,000	-,32566	,12508
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,03571	,048936	1	1,000	-,20842	,13699
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,12171	,043191	1	,580	-,27415	,03072
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,46555	,352997	1	1,000	-,78028	1,71138
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,41778	,359662	1	1,000	-,85157	1,68714
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,57766	,357609	1	1,000	-,68444	1,83977
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,60061	,361009	1	1,000	-,67350	1,87471
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,45331	,362407	1	1,000	-,82573	1,73235
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,41237	,364705	1	1,000	-,87478	1,69952
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,36549	,346488	1	1,000	-,85737	1,58834
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,54772	,368001	1	1,000	-,75106	1,84651
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	-,02143	,052527	1	1,000	-,20681	,16396

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,05014	,092495	1	1,000	-,27630	,37658
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,03529	,066731	1	1,000	-,20023	,27080
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	-,00679	,059349	1	1,000	-,21625	,20268
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,10707	,065047	1	1,000	-,33664	,12250
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	-,04250	,064410	1	1,000	-,26982	,18482
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,12850	,048909	1	1,000	-,30111	,04411
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,57262	,370295	1	1,000	-,73426	1,87950
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,52485	,376655	1	1,000	-,80447	1,85418
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,68474	,374694	1	1,000	-,63767	2,00714
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,70768	,377941	1	1,000	-,62619	2,04154
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,56038	,379277	1	1,000	-,77820	1,89896
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,51944	,381473	1	1,000	-,82689	1,86577
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,47256	,364096	1	1,000	-,81244	1,75756
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,65479	,384625	1	1,000	-,70266	2,01225
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,08564	,067700	1	1,000	-,15329	,32458
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,15721	,096257	1	1,000	-,18250	,49693
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,14236	,060538	1	1,000	-,07130	,35601
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,10029	,063857	1	1,000	-,12508	,32566
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,10707	,065047	1	1,000	-,12250	,33664
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,06457	,056903	1	1,000	-,13626	,26540
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,02143	,045299	1	1,000	-,18130	,13844

[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,50805	,373791	1	1,000	-,81117	1,82726
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,46028	,380092	1	1,000	-,88118	1,80174
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,62016	,378149	1	1,000	-,71444	1,95476
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,64311	,381366	1	1,000	-,70285	1,98906
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,49581	,382690	1	1,000	-,85482	1,84644
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,45487	,384867	1	1,000	-,90344	1,81318
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,40799	,367650	1	1,000	-,88956	1,70553
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,59022	,387992	1	1,000	-,77911	1,95956
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,02107	,054651	1	1,000	-,17181	,21395
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,09264	,090776	1	1,000	-,22773	,41302
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,07779	,047601	1	1,000	-,09021	,24579
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,03571	,048936	1	1,000	-,13699	,20842
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,04250	,064410	1	1,000	-,18482	,26982
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	-,06457	,056903	1	1,000	-,26540	,13626
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	-,08600	,052347	1	1,000	-,27075	,09875
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,59405	,362406	1	1,000	-,68499	1,87309
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,54628	,368902	1	1,000	-,75568	1,84825
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,70616	,366900	1	1,000	-,58873	2,00106
	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,72911	,370215	1	1,000	-,57749	2,03570
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,58181	,371578	1	1,000	-,72960	1,89322
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,54087	,373820	1	1,000	-,77845	1,86019

[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,49399	,356069	1	1,000	-,76269	1,75066
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=3]	,67622	,377036	1	1,000	-,65445	2,00690
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=0]	,10707	,055765	1	1,000	-,08974	,30388
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=1]	,17864	,089358	1	1,000	-,13673	,49401
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=2]	,16379	,067434	1	1,000	-,07421	,40178
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]*[Aufgabe=3]	,12171	,043191	1	,580	-,03072	,27415
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=0]	,12850	,048909	1	1,000	-,04411	,30111
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=1]	,02143	,045299	1	1,000	-,13844	,18130
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]*[Aufgabe=2]	,08600	,052347	1	1,000	-,09875	,27075

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Alphafrequenz

2.6.5 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung*Aufgabe

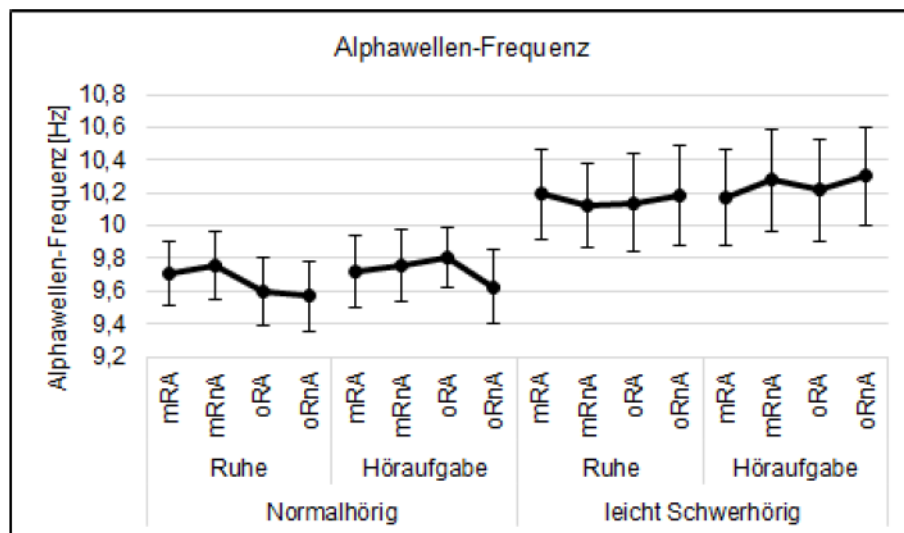


Abbildung 26: Abbildung der geschätzten Randmittel der Alphawellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

2.7 Spektrale Leistungsdichte des Peaks im Alphaband (PSD)

2.7.1 Boxplot

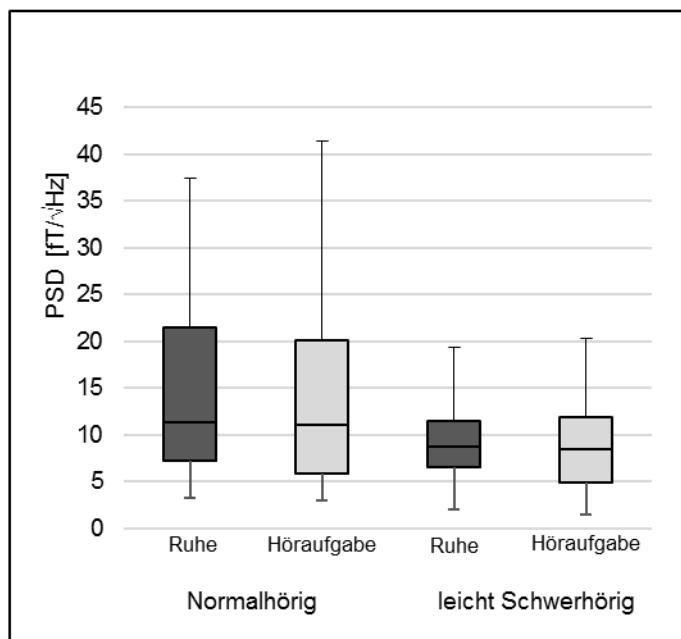


Abbildung 27: Boxplot PSD (Hauptversuch)

2.7.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE_Alphawerte.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Alphawellen_Leistungsdichte.spv

Tabelle 59: Modelleffekte der PSD (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	78,735	1	,000
Gruppe	3,978	1	,046
Bedingung	,113	1	,737
Gruppe * Bedingung	,021	1	,884

Dependent Variable: AlphaPower

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

Tabelle 60: Parameterschätzungen der PSD (Hauptversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	8,805	1,3193	6,219	11,390	44,542	1	,000
[Gruppe=1]	5,330	2,9205	-,394	11,054	3,331	1	,068
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	,378	,7053	-1,004	1,760	,287	1	,592
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=0]	-,229	1,5669	-3,300	2,842	,021	1	,884
[Gruppe=1] *							
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=0]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=2] *							
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	69,207						

Dependent Variable: AlphaPower

Model: (Intercept), Gruppe, Bedingung, Gruppe * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 61: Geschätzte Randmittel der PSD für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Estimates					
Gruppe	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	Ruhe	14,2832	2,22811	9,9162	18,6502
	Höraufgabe	14,1347	2,60549	9,0280	19,2414
leicht Schwerhörig	Ruhe	9,1828	1,18724	6,8558	11,5097
	Höraufgabe	8,8048	1,31926	6,2191	11,3905

Tabelle 62: Paarweisen Vergleiche der PSD für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	,1485	1,39914	1	1,000	-3,5428	3,8398

	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	5,1005	2,52468	1	,260	-1,5603	11,7612
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	5,4784	2,58938	1	,206	-1,3530	12,3099
[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-,1485	1,39914	1	1,000	-3,8398	3,5428
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	4,9519	2,86323	1	,502	-2,6020	12,5059
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	5,3299	2,92045	1	,408	-2,3750	13,0348
[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-5,1005	2,52468	1	,260	-11,7612	1,5603
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-4,9519	2,86323	1	,502	-12,5059	2,6020
	[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	,3780	,70533	1	1,000	-1,4829	2,2388
[Gruppe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Bedingung=0]	-5,4784	2,58938	1	,206	-12,3099	1,3530
	[Gruppe=1]*[Bedingung=1]	-5,3299	2,92045	1	,408	-13,0348	2,3750
	[Gruppe=2]*[Bedingung=0]	-,3780	,70533	1	1,000	-2,2388	1,4829

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable AlphaPower

2.7.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung

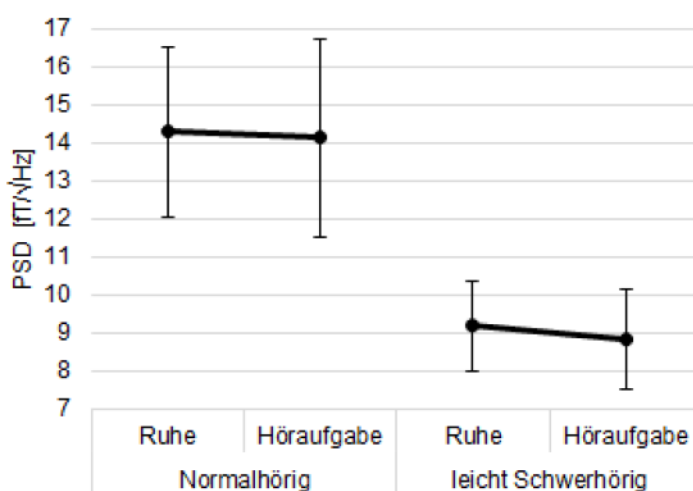


Abbildung 28: Abbildung der geschätzten Randmittel der PSD für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)

2.7.4 Generalized Linear Models: Aufgabenmodell

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE_Aufgaben_Alphawellen_Leistungsdichte.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Alphawellen_Leistungsdichte_Aufgabenmodell.spv

Tabelle 63: Modelleffekte des Aufgabenmodells der PSD (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	78,735	1	,000
Gruppe	3,978	1	,046
Aufgabe	3,458	3	,326
Bedingung	,113	1	,737
Gruppe * Bedingung	,021	1	,884
Gruppe * Aufgabe	8,010	3	,046
Aufgabe * Bedingung	9,121	3	,028
Gruppe * Aufgabe *	2,003	3	,572
Bedingung			

Dependent Variable: Alphapower

Model: (Intercept), Gruppe, Aufgabe, Bedingung, Gruppe * Bedingung,

Gruppe * Aufgabe, Aufgabe * Bedingung, Gruppe * Aufgabe * Bedingung

Tabelle 64: Parameterschätzungen des Aufgabenmodells der PSD für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	9,054	1,4081	6,294	11,814	41,341	1	,000
[Gruppe=1]	4,750	3,1642	-1,451	10,952	2,254	1	,133
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]	-,222	,5482	-1,296	,853	,164	1	,686
[Aufgabe=1]	-,387	,7307	-1,819	1,046	,280	1	,597
[Aufgabe=2]	-,388	,5870	-1,538	,763	,437	1	,509
[Aufgabe=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	,211	,7177	-1,196	1,618	,087	1	,769
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	-,872	1,6486	-4,103	2,359	,280	1	,597
[Bedingung=0]							

[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *	- ,734	1,1451	-2,978	1,511	,410	1	,522
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *	,563	,9793	-1,356	2,483	,331	1	,565
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *	2,489	,7875	,946	4,033	9,991	1	,002
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Aufgabe=0] *	,039	,5822	-1,102	1,180	,004	1	,947
[Bedingung=0]							
[Aufgabe=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Aufgabe=1] *	,812	,7090	-,578	2,201	1,310	1	,252
[Bedingung=0]							
[Aufgabe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Aufgabe=2] *	-,183	1,1081	-2,355	1,989	,027	1	,869
[Bedingung=0]							
[Aufgabe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Aufgabe=3] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Aufgabe=3] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *	2,233	1,8552	-1,404	5,869	1,448	1	,229
[Aufgabe=0] *							
[Bedingung=0]							

[Gruppe=1] *							
[Aufgabe=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *							
[Aufgabe=1] *	,773	1,0381	-1,262	2,808	,554	1	,457
[Bedingung=0]							
[Gruppe=1] *							
[Aufgabe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *							
[Aufgabe=2] *	-,434	1,6147	-3,599	2,730	,072	1	,788
[Bedingung=0]							
[Gruppe=1] *							
[Aufgabe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *							
[Aufgabe=3] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=1] *							
[Aufgabe=3] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *							
[Aufgabe=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *							
[Aufgabe=0] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *							
[Aufgabe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *							
[Aufgabe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *							
[Aufgabe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *							
[Aufgabe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *							
[Aufgabe=3] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							

[Gruppe=2] *							
[Aufgabe=3] *	0 ^a						
[Bedingung=1]							
(Scale)	75,789						

Dependent Variable: Alphaspower

Model: (Intercept), Gruppe, Aufgabe, Bedingung, Gruppe * Bedingung, Gruppe * Aufgabe, Aufgabe * Bedingung, Gruppe * Aufgabe * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 65: Geschätzte Randmittel der PSD für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Estimates						
Gruppe	Aufgabe	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
					Lower	Upper
Normalhörig	mRA	Ruhe	14,458941	2,5284509	9,503268	19,414614
		Höraufgabe	12,848647	2,1628280	8,609582	17,087712
	mRnA	Ruhe	14,904059	2,2532940	10,487684	19,320434
		Höraufgabe	13,980647	2,5606626	8,961841	18,999453
	oRA	Ruhe	14,626882	2,3848983	9,952568	19,301197
		Höraufgabe	15,905412	3,0036528	10,018361	21,792463
leicht Schwerhörig	mRA	Ruhe	13,143059	2,2753687	8,683418	17,602700
		Höraufgabe	13,804118	2,8335957	8,250372	19,357863
	mRnA	Ruhe	9,082000	1,1612359	6,806019	11,357981
		Höraufgabe	8,832071	1,4572503	5,975913	11,688230
	oRA	Ruhe	9,690000	1,6266058	6,501911	12,878089
		Höraufgabe	8,667286	1,3511252	6,019129	11,315442
	oRnA	Ruhe	8,694071	1,1845799	6,372337	11,015805
		Höraufgabe	8,665929	1,4074364	5,907404	11,424453
	oRA	Ruhe	9,265000	1,3261617	6,665771	11,864229
		Höraufgabe	9,053857	1,4081256	6,293982	11,813733
		Ruhe				
		Höraufgabe				

Tabelle 66: Paarweisen Vergleiche der PSD für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean				95% Wald Confidence	
Gruppe*Aufgabe*Be	Gruppe*Aufgabe*Be	Difference			Bonferroni	Interval for Difference	
dingung	dingung	(I-J)	Std. Error	df	Sig.	Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	1,610294	1,1890123	1	1,000	-2,586082	5,806671
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-,445118	1,3910262	1	1,000	-5,354461	4,464226

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	,478294	1,1066678	1	1,000	-3,427464	4,384053
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-,167941	1,4804364	1	1,000	-5,392840	5,056957
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-1,446471	1,3380871	1	1,000	-6,168976	3,276035
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	1,315882	1,1118844	1	1,000	-2,608287	5,240052
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	,654824	1,1838298	1	1,000	-3,523262	4,832909
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	5,376941	2,7823610	1	1,000	-4,442835	15,196717
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	5,626870	2,9183287	1	1,000	-4,672776	15,926516
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	4,768941	3,0064781	1	1,000	-5,841810	15,379692
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	5,791655	2,8668106	1	1,000	-4,326168	15,909479
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	5,764870	2,7921844	1	1,000	-4,089576	15,619315
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	5,793013	2,8937763	1	1,000	-4,419981	16,006006
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	5,193941	2,8551303	1	1,000	-4,882659	15,270541
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	5,405084	2,8941116	1	1,000	-4,809093	15,619261
[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-1,610294	1,1890123	1	1,000	-5,806671	2,586082
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-2,055412	1,7470141	1	1,000	-8,221142	4,110318
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-1,132000	,9223851	1	1,000	-4,387370	2,123370
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-1,778235	1,7452822	1	1,000	-7,937853	4,381382
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-3,056765	1,0275591	1	,352	-6,683325	,569796
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-,294412	1,1658042	1	1,000	-4,408880	3,820056
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-,955471	1,0054147	1	1,000	-4,503877	2,592935

	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	3,766647	2,4548510	1	1,000	-4,897249	12,430543
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	4,016576	2,6079500	1	1,000	-5,187652	13,220803
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	3,158647	2,7062282	1	1,000	-6,392434	12,709728
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	4,181361	2,5501694	1	1,000	-4,818942	13,181664
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	4,154576	2,4659794	1	1,000	-4,548596	12,857747
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	4,182718	2,5804461	1	1,000	-4,924440	13,289877
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	3,583647	2,5370316	1	1,000	-5,370289	12,537583
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	3,794790	2,5808221	1	1,000	-5,313695	12,903275
[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	,445118	1,3910262	1	1,000	-4,464226	5,354461
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	2,055412	1,7470141	1	1,000	-4,110318	8,221142
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	,923412	1,6399865	1	1,000	-4,864586	6,711410
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	,277176	1,3467919	1	1,000	-4,476051	5,030404
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-1,001353	2,2604668	1	1,000	-8,979210	6,976504
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	1,761000	1,0824791	1	1,000	-2,059389	5,581389
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	1,099941	2,0393509	1	1,000	-6,097532	8,297414
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	5,822059	2,5349167	1	1,000	-3,124413	14,768530
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	6,071987	2,6834515	1	1,000	-3,398708	15,542682
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	5,214059	2,7790610	1	1,000	-4,594070	15,022188
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	6,236773	2,6273319	1	1,000	-3,035859	15,509405
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	6,209987	2,5456951	1	1,000	-2,774524	15,194499
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	6,238130	2,6567294	1	1,000	-3,138254	15,614515

	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	5,639059	2,6145819	1	1,000	-3,588575	14,866692
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	5,850202	2,6570946	1	1,000	-3,527472	15,227875
[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-,478294	1,1066678	1	1,000	-4,384053	3,427464
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	1,132000	,9223851	1	1,000	-2,123370	4,387370
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-,923412	1,6399865	1	1,000	-6,711410	4,864586
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-,646235	2,0701717	1	1,000	-7,952484	6,660013
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-1,924765	,9532789	1	1,000	-5,289168	1,439639
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	,837588	1,3247915	1	1,000	-3,837993	5,513170
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	,176529	,6519759	1	1,000	-2,124486	2,477545
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	4,898647	2,8116653	1	1,000	-5,024552	14,821846
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	5,148576	2,9462809	1	1,000	-5,249722	15,546873
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	4,290647	3,0336182	1	1,000	-6,415890	14,997184
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	5,313361	2,8952603	1	1,000	-4,904869	15,531592
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	5,286576	2,8213866	1	1,000	-4,670933	15,244084
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	5,314718	2,9219634	1	1,000	-4,997755	15,627192
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	4,715647	2,8836951	1	1,000	-5,461767	14,893061
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	4,926790	2,9222954	1	1,000	-5,386856	15,240436
[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	,167941	1,4804364	1	1,000	-5,056957	5,392840
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	1,778235	1,7452822	1	1,000	-4,381382	7,937853
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-,277176	1,3467919	1	1,000	-5,030404	4,476051
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	,646235	2,0701717	1	1,000	-6,660013	7,952484

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-1,278529	2,1919444	1	1,000	-9,014550	6,457491
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	1,483824	1,2497775	1	1,000	-2,927011	5,894658
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	,822765	2,1619708	1	1,000	-6,807470	8,453000
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	5,544882	2,6525853	1	1,000	-3,816877	14,906641
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	5,794811	2,7948736	1	1,000	-4,069126	15,658747
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	4,936882	2,8867952	1	1,000	-5,251473	15,125237
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	5,959597	2,7410362	1	1,000	-3,714332	15,633525
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	5,932811	2,6628875	1	1,000	-3,465307	15,330929
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	5,960954	2,7692268	1	1,000	-3,812468	15,734375
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	5,361882	2,7288175	1	1,000	-4,268922	14,992687
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	5,573025	2,7695772	1	1,000	-4,201633	15,347683
[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	1,446471	1,3380871	1	1,000	-3,276035	6,168976
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	3,056765	1,0275591	1	,352	-,569796	6,683325
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	1,001353	2,2604668	1	1,000	-6,976504	8,979210
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	1,924765	,9532789	1	1,000	-1,439639	5,289168
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	1,278529	2,1919444	1	1,000	-6,457491	9,014550
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	2,762353	1,6707103	1	1,000	-3,134078	8,658784
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	2,101294 ^a	,5249597	1	,008	,248556	3,954032
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	6,823412	3,2203103	1	1,000	-4,542017	18,188840
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	7,073340	3,3384889	1	1,000	-4,709176	18,855856
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	6,215412	3,4158127	1	1,000	-5,840003	18,270826

	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	7,238126	3,2935496	1	1,000	-4,385786	18,862038
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	7,211340	3,2288016	1	1,000	-4,184056	18,606737
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	7,239483	3,3170479	1	1,000	-4,467361	18,946328
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	6,640412	3,2833877	1	1,000	-4,947636	18,228459
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	6,851555	3,3173404	1	1,000	-4,856322	18,559431
[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-1,315882	1,1118844	1	1,000	-5,240052	2,608287
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	,294412	1,1658042	1	1,000	-3,820056	4,408880
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-1,761000	1,0824791	1	1,000	-5,581389	2,059389
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-,837588	1,3247915	1	1,000	-5,513170	3,837993
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-1,483824	1,2497775	1	1,000	-5,894658	2,927011
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-2,762353	1,6707103	1	1,000	-8,658784	3,134078
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-,661059	1,4841167	1	1,000	-5,898946	4,576828
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	4,061059	2,5545590	1	1,000	-4,954736	13,076854
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	4,310987	2,7020143	1	1,000	-5,225221	13,847196
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	3,453059	2,7969893	1	1,000	-6,418345	13,324462
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	4,475773	2,6462884	1	1,000	-4,863762	13,815308
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	4,448987	2,5652549	1	1,000	-4,604557	13,502531
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	4,477130	2,6754775	1	1,000	-4,965422	13,919683
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	3,878059	2,6336301	1	1,000	-5,416802	13,172919
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	4,089202	2,6758402	1	1,000	-5,354631	13,533034
[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-,654824	1,1838298	1	1,000	-4,832909	3,523262

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	,955471	1,0054147	1	1,000	-2,592935	4,503877
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-1,099941	2,0393509	1	1,000	-8,297414	6,097532
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-,176529	,6519759	1	1,000	-2,477545	2,124486
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-,822765	2,1619708	1	1,000	-8,453000	6,807470
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-2,101294 ^a	,5249597	1	,008	-3,954032	-,248556
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	,661059	1,4841167	1	1,000	-4,576828	5,898946
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	4,722118	3,0623085	1	1,000	-6,085676	15,529911
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	4,972046	3,1863526	1	1,000	-6,273536	16,217628
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	4,114118	3,2672788	1	1,000	-7,417077	15,645312
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	5,136832	3,1392362	1	1,000	-5,942462	16,216126
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	5,110046	3,0712366	1	1,000	-5,729257	15,949349
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	5,138189	3,1638808	1	1,000	-6,028083	16,304461
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	4,539118	3,1285730	1	1,000	-6,502543	15,580778
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	4,750261	3,1641875	1	1,000	-6,417094	15,917615
[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-5,376941	2,7823610	1	1,000	-15,196717	4,442835
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-3,766647	2,4548510	1	1,000	-12,430543	4,897249
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-5,822059	2,5349167	1	1,000	-14,768530	3,124413
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-4,898647	2,8116653	1	1,000	-14,821846	5,024552
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-5,544882	2,6525853	1	1,000	-14,906641	3,816877
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-6,823412	3,2203103	1	1,000	-18,188840	4,542017
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-4,061059	2,5545590	1	1,000	-13,076854	4,954736

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-4,722118	3,0623085	1	1,000	-15,529911	6,085676
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	,249929	,7660702	1	1,000	-2,453760	2,953617
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-,608000	1,4273699	1	1,000	-5,645611	4,429611
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	,414714	1,2474732	1	1,000	-3,987988	4,817416
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	,387929	,9392083	1	1,000	-2,926815	3,702673
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	,416071	,8436141	1	1,000	-2,561292	3,393435
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-,183000	,7653459	1	1,000	-2,884132	2,518132
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	,028143	,8652827	1	1,000	-3,025696	3,081982
[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-5,626870	2,9183287	1	1,000	-15,926516	4,672776
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-4,016576	2,6079500	1	1,000	-13,220803	5,187652
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-6,071987	2,6834515	1	1,000	-15,542682	3,398708
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-5,148576	2,9462809	1	1,000	-15,546873	5,249722
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-5,794811	2,7948736	1	1,000	-15,658747	4,069126
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-7,073340	3,3384889	1	1,000	-18,855856	4,709176
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-4,310987	2,7020143	1	1,000	-13,847196	5,225221
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-4,972046	3,1863526	1	1,000	-16,217628	6,273536
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-,249929	,7660702	1	1,000	-2,953617	2,453760
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-,857929	1,2660112	1	1,000	-5,326057	3,610200
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	,164786	1,0293126	1	1,000	-3,467963	3,797535
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	,138000	1,2158730	1	1,000	-4,153176	4,429176
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	,166143	,5887258	1	1,000	-1,911645	2,243931

	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-,432929	,9489868	1	1,000	-3,782184	2,916327
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-,221786	,5481695	1	1,000	-2,156438	1,712867
[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-4,768941	3,0064781	1	1,000	-15,379692	5,841810
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-3,158647	2,7062282	1	1,000	-12,709728	6,392434
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-5,214059	2,7790610	1	1,000	-15,022188	4,594070
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-4,290647	3,0336182	1	1,000	-14,997184	6,415890
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-4,936882	2,8867952	1	1,000	-15,125237	5,251473
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-6,215412	3,4158127	1	1,000	-18,270826	5,840003
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-3,453059	2,7969893	1	1,000	-13,324462	6,418345
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-4,114118	3,2672788	1	1,000	-15,645312	7,417077
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	,608000	1,4273699	1	1,000	-4,429611	5,645611
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	,857929	1,2660112	1	1,000	-3,610200	5,326057
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	1,022714	,6713356	1	1,000	-1,346628	3,392056
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	,995929	,8470313	1	1,000	-1,993496	3,985353
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	1,024071	1,4655303	1	1,000	-4,148219	6,196362
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	,425000	1,1011956	1	1,000	-3,461445	4,311445
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	,636143	,9918909	1	1,000	-2,864534	4,136819
[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-5,791655	2,8668106	1	1,000	-15,909479	4,326168
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-4,181361	2,5501694	1	1,000	-13,181664	4,818942
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-6,236773	2,6273319	1	1,000	-15,509405	3,035859
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-5,313361	2,8952603	1	1,000	-15,531592	4,904869

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-5,959597	2,7410362	1	1,000	-15,633525	3,714332
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-7,238126	3,2935496	1	1,000	-18,862038	4,385786
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-4,475773	2,6462884	1	1,000	-13,815308	4,863762
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-5,136832	3,1392362	1	1,000	-16,216126	5,942462
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-,414714	1,2474732	1	1,000	-4,817416	3,987988
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-,164786	1,0293126	1	1,000	-3,797535	3,467963
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-1,022714	,6713356	1	1,000	-3,392056	1,346628
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-,026786	,9592801	1	1,000	-3,412369	3,358798
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	,001357	1,1039705	1	1,000	-3,894882	3,897596
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-,597714	1,1072180	1	1,000	-4,505414	3,309986
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-,386571	,7307333	1	1,000	-2,965546	2,192403
[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-5,764870	2,7921844	1	1,000	-15,619315	4,089576
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-4,154576	2,4659794	1	1,000	-12,857747	4,548596
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-6,209987	2,5456951	1	1,000	-15,194499	2,774524
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-5,286576	2,8213866	1	1,000	-15,244084	4,670933
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-5,932811	2,6628875	1	1,000	-15,330929	3,465307
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-7,211340	3,2288016	1	1,000	-18,606737	4,184056
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-4,448987	2,5652549	1	1,000	-13,502531	4,604557
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-5,110046	3,0712366	1	1,000	-15,949349	5,729257
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-,387929	,9392083	1	1,000	-3,702673	2,926815
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-,138000	1,2158730	1	1,000	-4,429176	4,153176

	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-,995929	,8470313	1	1,000	-3,985353	1,993496
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	,026786	,9592801	1	1,000	-3,358798	3,412369
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	,028143	1,3672303	1	1,000	-4,797218	4,853503
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-,570929	,7980964	1	1,000	-3,387647	2,245790
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-,359786	1,0641907	1	1,000	-4,115630	3,396058
[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-5,793013	2,8937763	1	1,000	-16,006006	4,419981
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-4,182718	2,5804461	1	1,000	-13,289877	4,924440
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-6,238130	2,6567294	1	1,000	-15,614515	3,138254
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-5,314718	2,9219634	1	1,000	-15,627192	4,997755
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-5,960954	2,7692268	1	1,000	-15,734375	3,812468
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-7,239483	3,3170479	1	1,000	-18,946328	4,467361
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-4,477130	2,6754775	1	1,000	-13,919683	4,965422
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-5,138189	3,1638808	1	1,000	-16,304461	6,028083
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-,416071	,8436141	1	1,000	-3,393435	2,561292
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-,166143	,5887258	1	1,000	-2,243931	1,911645
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-1,024071	1,4655303	1	1,000	-6,196362	4,148219
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-,001357	1,1039705	1	1,000	-3,897596	3,894882
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-,028143	1,3672303	1	1,000	-4,853503	4,797218
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-,599071	1,0027748	1	1,000	-4,138161	2,940018
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-,387929	,5870327	1	1,000	-2,459741	1,683884
[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-5,193941	2,8551303	1	1,000	-15,270541	4,882659

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-3,583647	2,5370316	1	1,000	-12,537583	5,370289
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-5,639059	2,6145819	1	1,000	-14,866692	3,588575
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-4,715647	2,8836951	1	1,000	-14,893061	5,461767
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-5,361882	2,7288175	1	1,000	-14,992687	4,268922
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-6,640412	3,2833877	1	1,000	-18,228459	4,947636
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-3,878059	2,6336301	1	1,000	-13,172919	5,416802
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-4,539118	3,1285730	1	1,000	-15,580778	6,502543
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	,183000	,7653459	1	1,000	-2,518132	2,884132
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	,432929	,9489868	1	1,000	-2,916327	3,782184
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-,425000	1,1011956	1	1,000	-4,311445	3,461445
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	,597714	1,1072180	1	1,000	-3,309986	4,505414
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	,570929	,7980964	1	1,000	-2,245790	3,387647
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	,599071	1,0027748	1	1,000	-2,940018	4,138161
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	,211143	,7177317	1	1,000	-2,321945	2,744230
[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-5,405084	2,8941116	1	1,000	-15,619261	4,809093
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	-3,794790	2,5808221	1	1,000	-12,903275	5,313695
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-5,850202	2,6570946	1	1,000	-15,227875	3,527472
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	-4,926790	2,9222954	1	1,000	-15,240436	5,386856
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	-5,573025	2,7695772	1	1,000	-15,347683	4,201633
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	-6,851555	3,3173404	1	1,000	-18,559431	4,856322
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-4,089202	2,6758402	1	1,000	-13,533034	5,354631

[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=1]	-4,750261	3,1641875	1	1,000	-15,917615	6,417094
[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=0]	-,028143	,8652827	1	1,000	-3,081982	3,025696
[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]*[Bedingung=1]	,221786	,5481695	1	1,000	-1,712867	2,156438
[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=0]	-,636143	,9918909	1	1,000	-4,136819	2,864534
[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]*[Bedingung=1]	,386571	,7307333	1	1,000	-2,192403	2,965546
[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=0]	,359786	1,0641907	1	1,000	-3,396058	4,115630
[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]*[Bedingung=1]	,387929	,5870327	1	1,000	-1,683884	2,459741
[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]*[Bedingung=0]	-,211143	,7177317	1	1,000	-2,744230	2,321945

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Alphaspower
a. The mean difference is significant at the ,05 level.

2.7.5 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Bedingung*Aufgabe

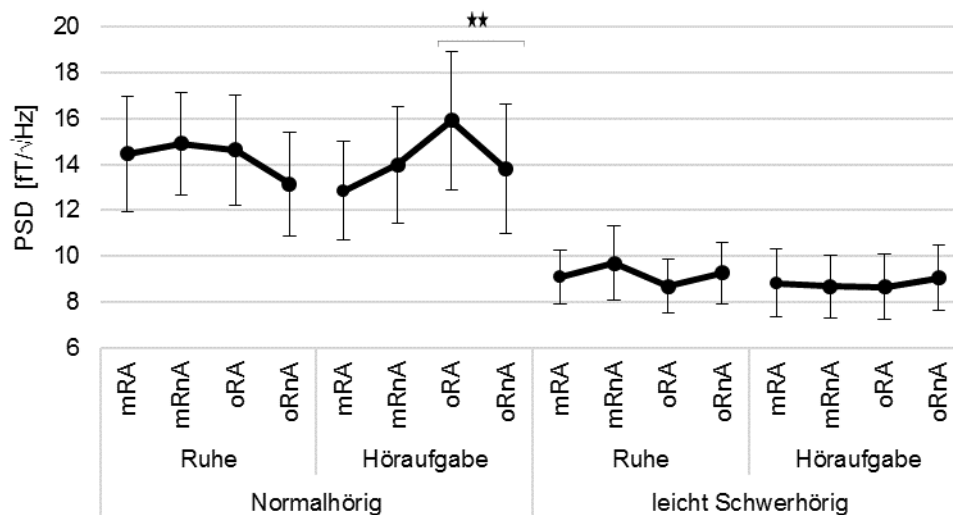


Abbildung 29: Abbildung der geschätzten Randmittel der PSD für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)

2.8 Reaktionszeit

2.8.1 Boxplot

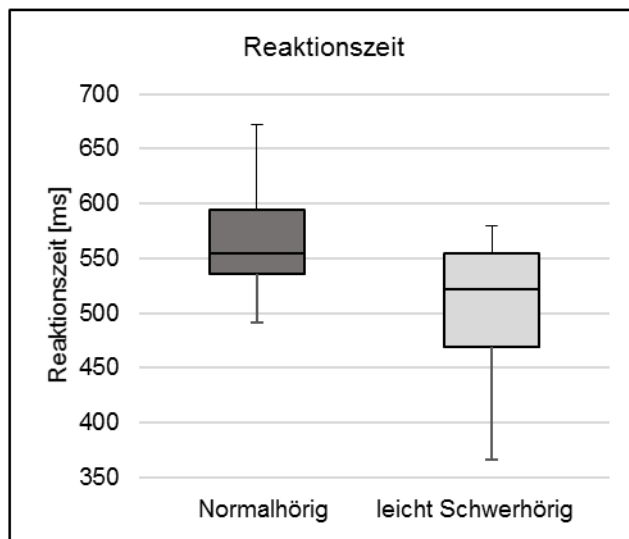


Abbildung 30: Boxplot Reaktionszeit (Hauptversuch)

2.8.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE_Aufgaben.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Reaktionszeit.spv

Tabelle 67: Modelleffekte Reaktionszeit (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	3476,756	1	,000
Gruppe	11,394	1	,001
Aufgabe	1,027	3	,795
Gruppe * Aufgabe	,308	3	,958

Dependent Variable: Reaktionszeit

Model: (Intercept), Gruppe, Aufgabe, Gruppe * Aufgabe

Tabelle 68: Parameterschätzungen Reaktionszeit (Hauptversuch)

Parameter Estimates				
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	Hypothesis Test

			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	508,435	12,8263	483,296	533,574	1571,325	1	,000
[Gruppe=1]	67,249	16,1099	35,674	98,824	17,425	1	,000
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]	-5,045	17,7759	-39,885	29,795	,081	1	,777
[Aufgabe=1]	-5,871	16,5835	-38,374	26,632	,125	1	,723
[Aufgabe=2]	-1,440	18,7168	-38,125	35,244	,006	1	,939
[Aufgabe=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	-6,954	21,4916	-49,077	35,169	,105	1	,746
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *	-4,863	18,6049	-41,328	31,602	,068	1	,794
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *	-11,691	21,3765	-53,588	30,206	,299	1	,584
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
(Scale)	4126,672						

Dependent Variable: Reaktionszeit

Model: (Intercept), Gruppe, Aufgabe, Gruppe * Aufgabe

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 69: Geschätzte Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)

Estimates					
Gruppe	Aufgabe	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	mRA	563,68511	13,619676	536,99103	590,37918
	mRnA	564,94984	12,177064	541,08323	588,81645
	oRA	562,55242	12,516857	538,01983	587,08501
	oRnA	575,68389	9,747511	556,57912	594,78867
leicht Schwerhörig	mRA	503,39053	19,977784	464,23480	542,54627
	mRnA	502,56433	16,364440	470,49062	534,63805
	oRA	506,99487	24,017801	459,92084	554,06889

oRnA	508,43520	12,826337	483,29604	533,57436
------	-----------	-----------	-----------	-----------

Tabelle 70: Paarweisen Vergleiche der Reaktionszeit für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
		Mean Difference				95% Wald Confidence Interval for Difference	
(I) Gruppe*Aufgabe	(J) Gruppe*Aufgabe	(I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-1,26474	14,094206	1	1,000	-45,29130	42,76182
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	1,13268	12,180844	1	1,000	-36,91704	39,18241
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	-11,99879	12,079200	1	1,000	-49,73101	25,73343
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	60,29457	24,178656	1	,354	-15,23313	135,82228
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	61,12077	21,290620	1	,115	-5,38547	127,62702
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	56,69024	27,610692	1	1,000	-29,55824	142,93871
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	55,24991	18,708568	1	,088	-3,19070	113,69051
[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	1,26474	14,094206	1	1,000	-42,76182	45,29130
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	2,39742	11,591151	1	1,000	-33,81026	38,60510
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	-10,73405	8,433835	1	1,000	-37,07911	15,61101
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	61,55931	23,396426	1	,238	-11,52492	134,64353
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	62,38551	20,397936	1	,062	-1,33223	126,10325
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	57,95498	26,928343	1	,879	-26,16202	142,07197
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	56,51464 ^a	17,686035	1	,039	1,26816	111,76112
[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-1,13268	12,180844	1	1,000	-39,18241	36,91704
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-2,39742	11,591151	1	1,000	-38,60510	33,81026

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	-13,13147	10,326452	1	1,000	-45,38857	19,12562
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	59,16189	23,575062	1	,339	-14,48035	132,80412
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	59,98809	20,602588	1	,101	-4,36893	124,34510
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	55,55755	27,083694	1	1,000	-29,04472	140,15983
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	54,11722	17,921681	1	,071	-1,86535	110,09980
[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	11,99879	12,079200	1	1,000	-25,73343	49,73101
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	10,73405	8,433835	1	1,000	-15,61101	37,07911
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	13,13147	10,326452	1	1,000	-19,12562	45,38857
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	72,29336 ^a	22,228941	1	,032	2,85605	141,73067
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	73,11956 ^a	19,047543	1	,003	13,62009	132,61903
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	68,68903	25,920431	1	,225	-12,27952	149,65758
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	67,24869 ^a	16,109901	1	,001	16,92564	117,57175
[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-60,29457	24,178656	1	,354	-135,82228	15,23313
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-61,55931	23,396426	1	,238	-134,64353	11,52492
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-59,16189	23,575062	1	,339	-132,80412	14,48035
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	-72,29336 ^a	22,228941	1	,032	-141,73067	-2,85605
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	,82620	15,547412	1	1,000	-47,73979	49,39219
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-3,60433	19,272628	1	1,000	-63,80691	56,59824
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	-5,04467	17,775896	1	1,000	-60,57185	50,48251
[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-61,12077	21,290620	1	,115	-127,62702	5,38547
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-62,38551	20,397936	1	,062	-126,10325	1,33223

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-59,98809	20,602588	1	,101	-124,34510	4,36893
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	-73,11956 ^a	19,047543	1	,003	-132,61903	-13,62009
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-,82620	15,547412	1	1,000	-49,39219	47,73979
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-4,43053	18,062994	1	1,000	-60,85453	51,99347
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	-5,87087	16,583496	1	1,000	-57,67331	45,93157
[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-56,69024	27,610692	1	1,000	-142,93871	29,55824
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-57,95498	26,928343	1	,879	-142,07197	26,16202
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-55,55755	27,083694	1	1,000	-140,15983	29,04472
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	-68,68903	25,920431	1	,225	-149,65758	12,27952
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	3,60433	19,272628	1	1,000	-56,59824	63,80691
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	4,43053	18,062994	1	1,000	-51,99347	60,85453
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	-1,44033	18,716788	1	1,000	-59,90661	57,02595
[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-55,24991	18,708568	1	,088	-113,69051	3,19070
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-56,51464 ^a	17,686035	1	,039	-111,76112	-1,26816
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-54,11722	17,921681	1	,071	-110,09980	1,86535
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	-67,24869 ^a	16,109901	1	,001	-117,57175	-16,92564
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	5,04467	17,775896	1	1,000	-50,48251	60,57185
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	5,87087	16,583496	1	1,000	-45,93157	57,67331
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	1,44033	18,716788	1	1,000	-57,02595	59,90661

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Reaktionszeit

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

2.8.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Aufgabe

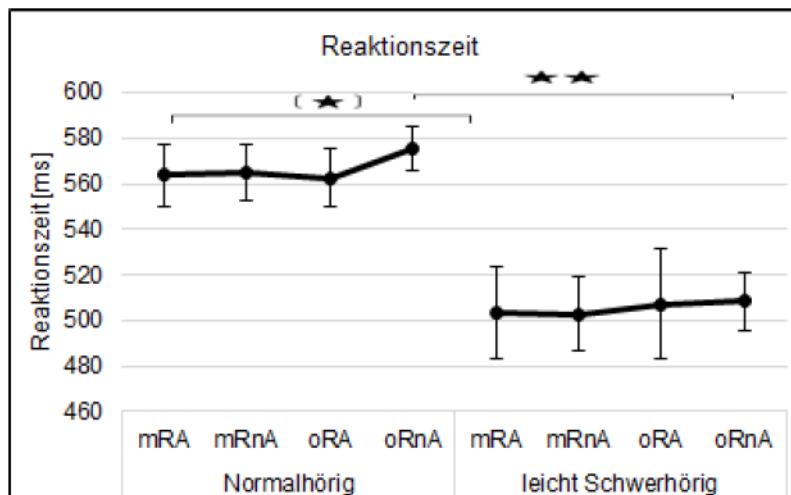


Abbildung 31: Abbildung der geschätzten Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)

2.9 Fehler

2.9.1 Boxplot

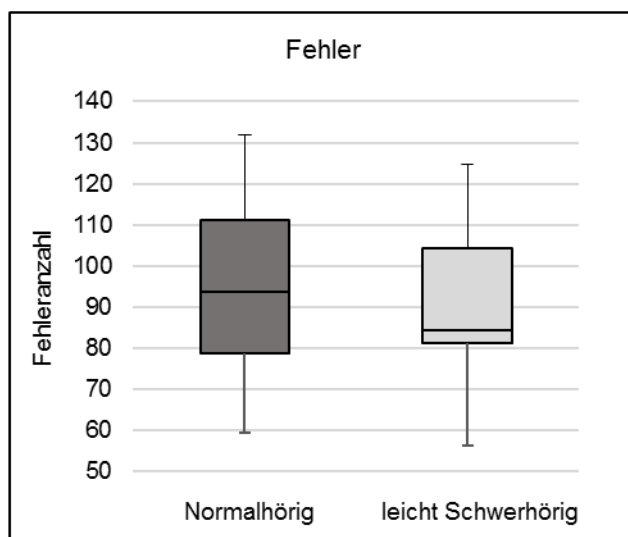


Abbildung 32: Boxplot Fehler (Hauptversuch)

2.9.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE_Aufgaben.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Fehler.spv

Tabelle 71: Modelleffekte Fehler (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	691,947	1	,000
Gruppe	,502	1	,479
Aufgabe	99,063	3	,000
Gruppe * Aufgabe	,138	3	,987

Dependent Variable: Fehler

Model: (Intercept), Gruppe, Aufgabe, Gruppe * Aufgabe

Tabelle 72: Parameterschätzungen Fehler (Hauptversuch)

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	69,333	9,1858	51,329	87,337	56,970	1	,000
[Gruppe=1]	4,298	12,1493	-19,514	28,110	,125	1	,723
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]	37,933	7,6137	23,011	52,856	24,823	1	,000
[Aufgabe=1]	12,400	2,8995	6,717	18,083	18,289	1	,000
[Aufgabe=2]	31,400	9,2975	13,177	49,623	11,406	1	,001
[Aufgabe=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	1,751	9,8948	-17,643	21,144	,031	1	,860
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *	-,768	4,8276	-10,230	8,694	,025	1	,874
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *	1,705	11,3849	-20,609	24,019	,022	1	,881
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
(Scale)	672,578						

Dependent Variable: Fehler

Model: (Intercept), Gruppe, Aufgabe, Gruppe * Aufgabe

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 73: Geschätzte Randmittel der Fehler für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)

Estimates					
Gruppe	Aufgabe	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	mRA	113,31579	2,799933	107,82802	118,80356
	mRnA	85,26316	7,240943	71,07117	99,45515
	oRA	106,73684	2,863315	101,12485	112,34884
	oRnA	73,63158	7,951449	58,04703	89,21613
leicht Schwerhörig	mRA	107,26667	2,949149	101,48644	113,04689
	mRnA	81,73333	7,959602	66,13280	97,33387
	oRA	100,73333	3,859150	93,16954	108,29713
	oRnA	69,33333	9,185818	51,32946	87,33721

Tabelle 74: Paarweisen Vergleiche der Fehler für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)

Pairwise Comparisons							
		Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
(I) Gruppe*Aufgabe	(J) Gruppe*Aufgabe					Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	28,05263 ^a	5,102535	1	,000	12,11367	43,99160
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	6,57895 ^a	2,063152	1	,040	,13421	13,02369
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	39,68421 ^a	6,319759	1	,000	19,94296	59,42546
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	6,04912	4,066584	1	1,000	-6,65381	18,75205
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	31,58246 ^a	8,437706	1	,005	5,22530	57,93961
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	12,58246	4,767878	1	,233	-2,31113	27,47604
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	43,98246 ^a	9,603066	1	,000	13,98502	73,97989
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-28,05263 ^a	5,102535	1	,000	-43,99160	-12,11367
[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-21,47368 ^a	5,528756	1	,003	-38,74405	-4,20332

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	11,63158	3,859880	1	,072	-,42566	23,68882
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-22,00351	7,818487	1	,137	-46,42639	2,41937
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	3,52982	10,760414	1	1,000	-30,08285	37,14250
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-15,47018	8,205138	1	1,000	-41,10085	10,16050
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	15,92982	11,696603	1	1,000	-20,60726	52,46691
[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-6,57895 ^a	2,063152	1	,040	-13,02369	-,13421
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	21,47368 ^a	5,528756	1	,003	4,20332	38,74405
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	33,10526 ^a	6,570687	1	,000	12,58018	53,63035
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-,52982	4,110481	1	1,000	-13,36988	12,31023
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	25,00351	8,458950	1	,087	-1,42001	51,42702
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	6,00351	4,805373	1	1,000	-9,00720	21,01422
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	37,40351 ^a	9,621737	1	,003	7,34775	67,45926
[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-39,68421 ^a	6,319759	1	,000	-59,42546	-19,94296
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-11,63158	3,859880	1	,072	-23,68882	,42566
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-33,10526 ^a	6,570687	1	,000	-53,63035	-12,58018
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-33,63509 ^a	8,480744	1	,002	-60,12668	-7,14349
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	-8,10175	11,250813	1	1,000	-43,24631	27,04280
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-27,10175	8,838472	1	,061	-54,71079	,50729
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	4,29825	12,149272	1	1,000	-33,65286	42,24935
[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-6,04912	4,066584	1	1,000	-18,75205	6,65381
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	22,00351	7,818487	1	,137	-2,41937	46,42639

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	,52982	4,110481	1	1,000	-12,31023	13,36988
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	33,63509 ^a	8,480744	1	,002	7,14349	60,12668
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	25,53333 ^a	6,390178	1	,002	5,57211	45,49455
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	6,53333	2,861028	1	,627	-2,40376	15,47043
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	37,93333 ^a	7,613711	1	,000	14,15012	61,71655
[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-31,58246 ^a	8,437706	1	,005	-57,93961	-5,22530
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-3,52982	10,760414	1	1,000	-37,14250	30,08285
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-25,00351	8,458950	1	,087	-51,42702	1,42001
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	8,10175	11,250813	1	1,000	-27,04280	43,24631
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-25,53333 ^a	6,390178	1	,002	-45,49455	-5,57211
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-19,00000	8,013877	1	,497	-44,03322	6,03322
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	12,40000 ^a	2,899502	1	,001	3,34273	21,45727
[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-12,58246	4,767878	1	,233	-27,47604	2,31113
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	15,47018	8,205138	1	1,000	-10,16050	41,10085
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-6,00351	4,805373	1	1,000	-21,01422	9,00720
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	27,10175	8,838472	1	,061	-,50729	54,71079
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-6,53333	2,861028	1	,627	-15,47043	2,40376
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	19,00000	8,013877	1	,497	-6,03322	44,03322
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	31,40000 ^a	9,297455	1	,020	2,35722	60,44278
[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	-43,98246 ^a	9,603066	1	,000	-73,97989	-13,98502
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-15,92982	11,696603	1	1,000	-52,46691	20,60726

[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-37,40351 ^a	9,621737	1	,003	-67,45926	-7,34775
[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	-4,29825	12,149272	1	1,000	-42,24935	33,65286
[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-37,93333 ^a	7,613711	1	,000	-61,71655	-14,15012
[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	-12,40000 ^a	2,899502	1	,001	-21,45727	-3,34273
[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-31,40000 ^a	9,297455	1	,020	-60,44278	-2,35722

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Fehler

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

2.9.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Aufgabe

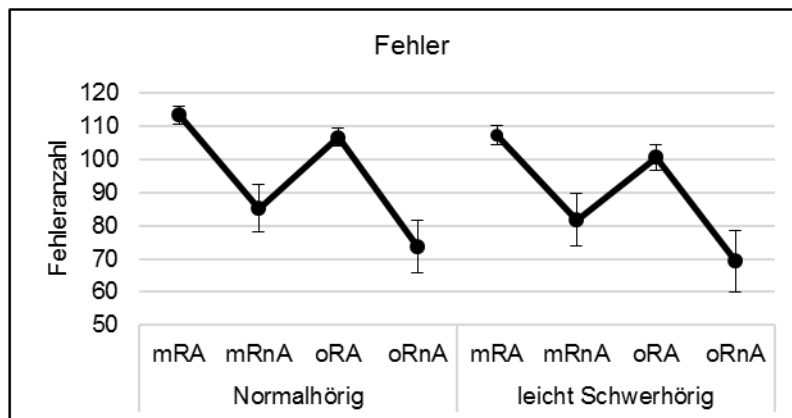


Abbildung 33: Abbildung der geschätzten Randmittel der Fehler für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)

2.10 Verpasste Antworten

2.10.1 Boxplot

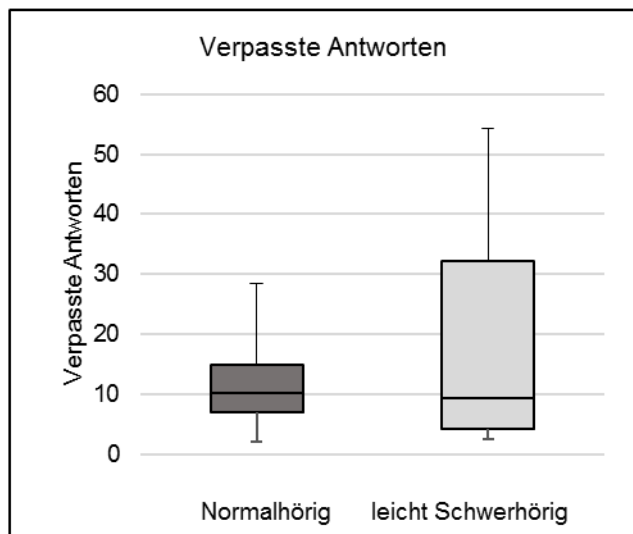


Abbildung 34: Boxplot Verpasste Antworten (Hauptversuch)

2.10.2 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Hauptversuch_GEE_Aufgaben.sav

SPSS-Output: Hauptversuch_Verpasste_Antworten.spv

Tabelle 75: Modelleffekte Verpasste Antworten (Hauptversuch)

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	32,881	1	,000
Gruppe	1,834	1	,176
Aufgabe	3,363	3	,339
Gruppe * Aufgabe	,806	3	,848

Dependent Variable: Verpasste

Model: (Intercept), Gruppe, Aufgabe, Gruppe * Aufgabe

Tabelle 76: Parameterschätzungen Verpasste Antworten (Hauptversuch)

Parameter Estimates				
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	Hypothesis Test

			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	17,667	5,0786	7,713	27,621	12,101	1	,001
[Gruppe=1]	-5,930	5,4784	-16,667	4,808	1,172	1	,279
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]	-,733	3,2951	-7,192	5,725	,050	1	,824
[Aufgabe=1]	1,533	4,8688	-8,009	11,076	,099	1	,753
[Aufgabe=2]	2,467	4,3142	-5,989	10,922	,327	1	,567
[Aufgabe=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	-1,214	3,6481	-8,364	5,936	,111	1	,739
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=1] *	-1,533	5,1212	-11,571	8,504	,090	1	,765
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=1] *	-1,782	4,7605	-11,113	7,548	,140	1	,708
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=2]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Aufgabe=3]							
(Scale)	301,731						

Dependent Variable: Verpasste

Model: (Intercept), Gruppe, Aufgabe, Gruppe * Aufgabe

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 77: Geschätzte Randmittel der Verpassten Antworten für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)

Estimates					
Gruppe	Aufgabe	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	mRA	9,78947	1,397622	7,05019	12,52876
	mRnA	11,73684	1,997009	7,82278	15,65091
	oRA	12,42105	2,025209	8,45172	16,39039
	oRnA	11,73684	2,054442	7,71021	15,76347
leicht Schwerhörig	mRA	16,93333	4,770713	7,58291	26,28376
	mRnA	19,20000	7,184056	5,11951	33,28049
	oRA	20,13333	6,971604	6,46924	33,79743

oRnA	17,66667	5,078641	7,71271	27,62062
------	----------	----------	---------	----------

**Tabelle 78: Paarweisen Vergleiche der Verpassten Antworten für Gruppe*Aufgabe
(Hauptversuch)**

Pairwise Comparisons							
(I) Gruppe*Aufgabe	(J) Gruppe*Aufgabe	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	-1,94737	1,496947	1	1,000	-6,62343	2,72870
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-2,63158	1,291804	1	1,000	-6,66683	1,40367
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	-1,94737	1,565688	1	1,000	-6,83816	2,94342
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-7,14386	4,971222	1	1,000	-22,67264	8,38492
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	-9,41053	7,318744	1	1,000	-32,27234	13,45129
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-10,34386	7,110317	1	1,000	-32,55460	11,86688
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	-7,87719	5,267441	1	1,000	-24,33128	8,57690
[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	1,94737	1,496947	1	1,000	-2,72870	6,62343
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-,68421	1,656102	1	1,000	-5,85743	4,48901
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	,00000	1,587695	1	1,000	-4,95954	4,95954
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-5,19649	5,171823	1	1,000	-21,35189	10,95891
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	-7,46316	7,456454	1	1,000	-30,75514	15,82883
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-8,39649	7,251986	1	1,000	-31,04977	14,25679
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	-5,92982	5,457164	1	1,000	-22,97656	11,11691
[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	2,63158	1,291804	1	1,000	-1,40367	6,66683
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	,68421	1,656102	1	1,000	-4,48901	5,85743

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	,68421	2,012499	1	1,000	-5,60230	6,97072
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-4,51228	5,182777	1	1,000	-20,70190	11,67734
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	-6,77895	7,464056	1	1,000	-30,09468	16,53678
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-7,71228	7,259802	1	1,000	-30,38998	14,96542
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	-5,24561	5,467547	1	1,000	-22,32478	11,83355
[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	1,94737	1,565688	1	1,000	-2,94342	6,83816
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	,00000	1,587695	1	1,000	-4,95954	4,95954
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	-,68421	2,012499	1	1,000	-6,97072	5,60230
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	-5,19649	5,194269	1	1,000	-21,42201	11,02903
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	-7,46316	7,472041	1	1,000	-30,80383	15,87752
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-8,39649	7,268011	1	1,000	-31,09983	14,30685
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	-5,92982	5,478442	1	1,000	-23,04302	11,18337
[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	7,14386	4,971222	1	1,000	-8,38492	22,67264
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	5,19649	5,171823	1	1,000	-10,95891	21,35189
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	4,51228	5,182777	1	1,000	-11,67734	20,70190
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	5,19649	5,194269	1	1,000	-11,02903	21,42201
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	-2,26667	7,273371	1	1,000	-24,98675	20,45341
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-3,20000	3,817154	1	1,000	-15,12378	8,72378
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	-,73333	3,295069	1	1,000	-11,02626	9,55959
[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	9,41053	7,318744	1	1,000	-13,45129	32,27234
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	7,46316	7,456454	1	1,000	-15,82883	30,75514

	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	6,77895	7,464056	1	1,000	-16,53678	30,09468
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	7,46316	7,472041	1	1,000	-15,87752	30,80383
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	2,26667	7,273371	1	1,000	-20,45341	24,98675
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-,93333	8,980209	1	1,000	-28,98512	27,11846
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	1,53333	4,868828	1	1,000	-13,67559	16,74226
[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	10,34386	7,110317	1	1,000	-11,86688	32,55460
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	8,39649	7,251986	1	1,000	-14,25679	31,04977
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	7,71228	7,259802	1	1,000	-14,96542	30,38998
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	8,39649	7,268011	1	1,000	-14,30685	31,09983
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	3,20000	3,817154	1	1,000	-8,72378	15,12378
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	,93333	8,980209	1	1,000	-27,11846	28,98512
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	2,46667	4,314180	1	1,000	-11,00969	15,94302
[Gruppe=2]*[Aufgabe=3]	[Gruppe=1]*[Aufgabe=0]	7,87719	5,267441	1	1,000	-8,57690	24,33128
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=1]	5,92982	5,457164	1	1,000	-11,11691	22,97656
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=2]	5,24561	5,467547	1	1,000	-11,83355	22,32478
	[Gruppe=1]*[Aufgabe=3]	5,92982	5,478442	1	1,000	-11,18337	23,04302
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=0]	,73333	3,295069	1	1,000	-9,55959	11,02626
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=1]	-1,53333	4,868828	1	1,000	-16,74226	13,67559
	[Gruppe=2]*[Aufgabe=2]	-2,46667	4,314180	1	1,000	-15,94302	11,00969

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Verpasste

2.10.3 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Aufgabe

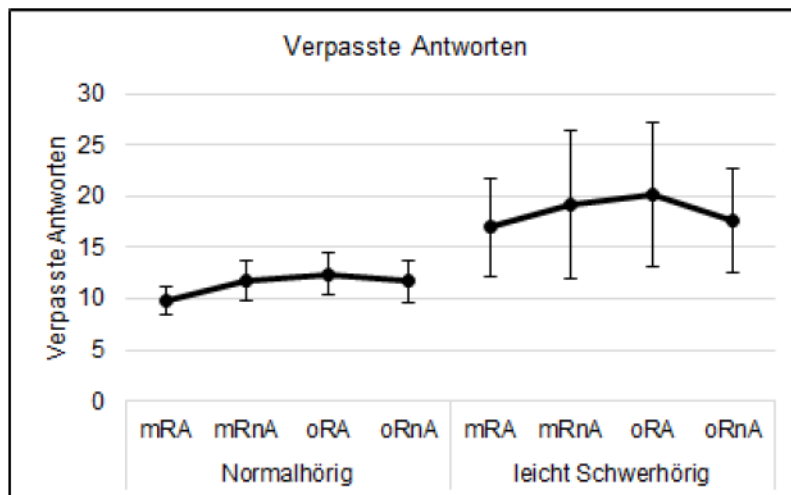


Abbildung 35: Abbildung der geschätzten Randmittel der Verpassten Antworten für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)

3 Vergleich der Vorversuchs- mit den Hauptversuchsergebnissen

3.1 Herzfrequenz

3.1.1 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Versuchsvergleich.sav

SPSS-Output: Versuchsvergleich_Herzfrequenz.spv

Tabelle 79: Modelleffekte der Herzfrequenz im Versuchsvergleich

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1849,872	1	,000
Gruppe	,335	1	,563
Versuch	11,965	1	,001
Bedingung	32,544	1	,000
Gruppe * Versuch	3,363	1	,067
Versuch * Bedingung	,302	1	,583
Gruppe * Bedingung	6,711	1	,010
Gruppe * Versuch *	,004	1	,948
Bedingung			

Dependent Variable: Herzfrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Versuch, Bedingung, Gruppe * Versuch, Versuch

* Bedingung, Gruppe * Bedingung, Gruppe * Versuch * Bedingung

Tabelle 80: Parameterschätzungen der Herzfrequenz im Versuchsvergleich

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Interval		Wald Chi-Square	df	Sig.
			Lower	Upper			
(Intercept)	70,655	3,0733	64,631	76,678	528,524	1	,000
[Gruppe=1]	1,000	3,4689	-5,799	7,798	,083	1	,773
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.

[Versuch=1]	6,190	1,7010	2,856	9,524	13,242	1	,000
[Versuch=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	-1,016	,5220	-2,039	,007	3,788	1	,052
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	-4,410	2,4537	-9,220	,399	3,231	1	,072
[Versuch=1]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=2]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=2]							
[Versuch=1] *	,252	,7882	-1,293	1,797	,102	1	,749
[Bedingung=0]							
[Versuch=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Versuch=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Versuch=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *	-1,515	,8272	-3,136	,107	3,352	1	,067
[Bedingung=0]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *							
[Versuch=1] *	,067	1,0397	-1,971	2,105	,004	1	,948
[Bedingung=0]							
[Gruppe=1] *							
[Versuch=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *							
[Versuch=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=1] *							
[Versuch=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *							
[Versuch=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							

[Gruppe=2] *							
[Versuch=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *							
[Versuch=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *							
[Versuch=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
(Scale)	105,152						

Dependent Variable: Herzfrequenz

Model: (Intercept), Gruppe, Versuch, Bedingung, Gruppe * Versuch, Versuch * Bedingung, Gruppe * Bedingung, Gruppe * Versuch * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 81: Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Versuch*Bedingung

Estimates						
Gruppe	Versuch	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
					Lower	Upper
Normalhörig	Vorversuch	Ruhe	71,22238	2,023628	67,25614	75,18862
		Höraufgabe	73,43378	2,051066	69,41376	77,45379
	Hauptversuch	Ruhe	69,12368	1,673668	65,84336	72,40401
		Höraufgabe	71,65421	1,608608	68,50140	74,80702
leicht Schwerhörig	Vorversuch	Ruhe	76,08051	3,073505	70,05655	82,10447
		Höraufgabe	76,84467	3,071108	70,82541	82,86393
	Hauptversuch	Ruhe	69,63867	3,087085	63,58809	75,68924
		Höraufgabe	70,65467	3,073324	64,63106	76,67827

Tabelle 82: Paarweisen Vergleiche der Herzfrequenz für Gruppe*Versuch*Bedingung

Pairwise Comparisons							
(I) Gruppe*Versuch*Be- dingung	(J) Gruppe*Ver- such*Bedin- gung	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Versuch =1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-2,21140 ^a	,489941	1	,000	-3,74185	-,68096

	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	2,09869	1,761854	1	1,000	-3,40487	7,60226
	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	-,43183	1,895488	1	1,000	-6,35283	5,48917
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	-4,85813	3,679879	1	1,000	-16,35309	6,63683
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-5,62230	3,677876	1	1,000	-17,11101	5,86641
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	1,58371	3,691228	1	1,000	-9,94671	13,11413
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	,56771	3,679728	1	1,000	-10,92678	12,06220
[Gruppe=1]*[Versuch =1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	2,21140 ^a	,489941	1	,000	,68096	3,74185
	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	4,31009	1,682370	1	,291	-,94518	9,56537
	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	1,77957	1,768382	1	1,000	-3,74439	7,30352
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	-2,64673	3,695038	1	1,000	-14,18905	8,89559

	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-3,41089	3,693044	1	1,000	-14,94698	8,12519
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	3,79511	3,706341	1	1,000	-7,78251	15,37274
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	2,77911	3,694887	1	1,000	-8,76274	14,32096
[Gruppe=1]*[Versuch =2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	-2,09869	1,761854	1	1,000	-7,60226	3,40487
	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-4,31009	1,682370	1	,291	-9,56537	,94518
	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	-2,53053 ^a	,641661	1	,002	-4,53491	-,52615
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	-6,95682	3,499657	1	1,000	-17,88882	3,97518
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-7,72099	3,497552	1	,764	-18,64641	3,20443
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	-,51498	3,511589	1	1,000	-11,48426	10,45429
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	-1,53098	3,499498	1	1,000	-12,46249	9,40052

[Gruppe=1]*[Versuch =2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	,43183	1,895488	1	1,000	-5,48917	6,35283
	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-1,77957	1,768382	1	1,000	-7,30352	3,74439
	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	2,53053 ^a	,641661	1	,002	,52615	4,53491
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	-4,42630	3,469013	1	1,000	-15,26257	6,40998
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-5,19046	3,466889	1	1,000	-16,02011	5,63918
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	2,01554	3,481051	1	1,000	-8,85834	12,88942
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	,99954	3,468853	1	1,000	-9,83623	11,83532
[Gruppe=2]*[Versuch =1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	4,85813	3,679879	1	1,000	-6,63683	16,35309
	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	2,64673	3,695038	1	1,000	-8,89559	14,18905
	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	6,95682	3,499657	1	1,000	-3,97518	17,88882

	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	4,42630	3,469013	1	1,000	-6,40998	15,26257
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-,76417	,519421	1	1,000	-2,38670	,85837
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	6,44184 ^a	1,675423	1	,003	1,20826	11,67542
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	5,42584	1,785022	1	,066	-,15009	11,00177
[Gruppe=2]*[Versuch =1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	5,62230	3,677876	1	1,000	-5,86641	17,11101
	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	3,41089	3,693044	1	1,000	-8,12519	14,94698
	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	7,72099	3,497552	1	,764	-3,20443	18,64641
	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	5,19046	3,466889	1	1,000	-5,63918	16,02011
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	,76417	,519421	1	1,000	-,85837	2,38670
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	7,20601 ^a	1,560533	1	,000	2,33131	12,08070

	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	6,19001 ^a	1,701014	1	,008	,87649	11,50352
[Gruppe=2]*[Versuch =2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	-1,58371	3,691228	1	1,000	-13,11413	9,94671
	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-3,79511	3,706341	1	1,000	-15,37274	7,78251
	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	,51498	3,511589	1	1,000	-10,45429	11,48426
	[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	-2,01554	3,481051	1	1,000	-12,88942	8,85834
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	-6,44184 ^a	1,675423	1	,003	-11,67542	-1,20826
	[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-7,20601 ^a	1,560533	1	,000	-12,08070	-2,33131
	[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	-1,01600	,521997	1	1,000	-2,64658	,61458
[Gruppe=2]*[Versuch =2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	-,56771	3,679728	1	1,000	-12,06220	10,92678
	[Gruppe=1]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-2,77911	3,694887	1	1,000	-14,32096	8,76274

[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	1,53098	3,499498	1	1,000	-9,40052	12,46249
[Gruppe=1]* [Versuch=2] *[Bedingung =1]	-,99954	3,468853	1	1,000	-11,83532	9,83623
[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =0]	-5,42584	1,785022	1	,066	-11,00177	,15009
[Gruppe=2]* [Versuch=1] *[Bedingung =1]	-6,19001 ^a	1,701014	1	,008	-11,50352	-,87649
[Gruppe=2]* [Versuch=2] *[Bedingung =0]	1,01600	,521997	1	1,000	-,61458	2,64658

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Herzfrequenz

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

3.1.2 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Versuch*Bedingung

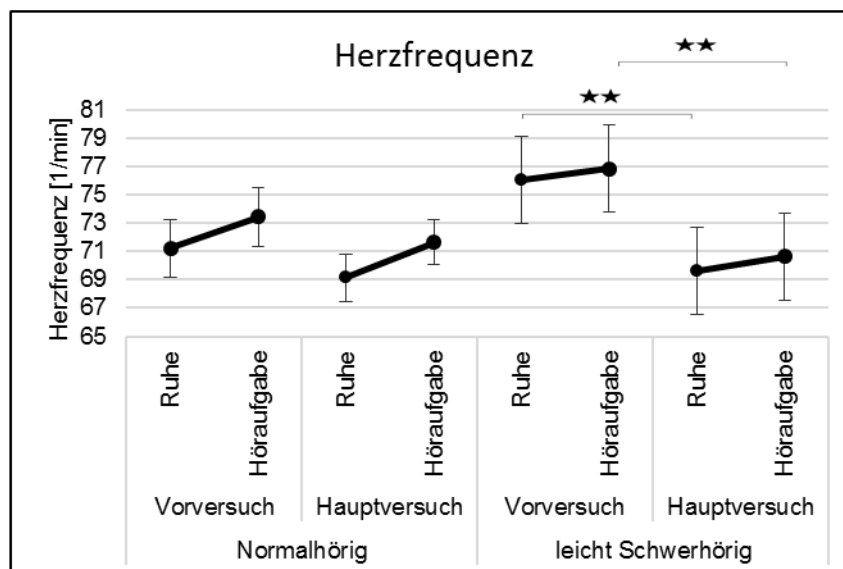


Abbildung 36: Abbildung zu den geschätzten Randmitteln der Herzfrequenz für Gruppe*Versuch*Bedingung

3.2 Sauerstoffsättigung

3.2.1 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Versuchsvergleich.sav

SPSS-Output: Versuchsvergleich_Sauerstoffsättigung.spv

Tabelle 83: Modelleffekte der Sauerstoffsättigung im Versuchsvergleich

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	362412,795	1	,000
Gruppe	3,231	1	,072
Versuch	,261	1	,609
Bedingung	4,871	1	,027
Gruppe * Versuch	,306	1	,580
Versuch * Bedingung	11,504	1	,001
Gruppe * Bedingung	,707	1	,400
Gruppe * Versuch *	,037	1	,847
Bedingung			

Dependent Variable: Spo2

Model: (Intercept), Gruppe, Versuch, Bedingung, Gruppe * Versuch, Versuch

* Bedingung, Gruppe * Bedingung, Gruppe * Versuch * Bedingung

Tabelle 84: Parameterschätzungen der Sauerstoffsättigung im Versuchsvergleich

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Interval		Wald Chi-Square	df	Sig.
			Lower	Upper			
(Intercept)	95,190	,2224	94,754	95,626	183233,702	1	,000
[Gruppe=1]	,489	,3096	-,117	1,096	2,499	1	,114
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=1]	-,117	,4685	-1,035	,801	,063	1	,803
[Versuch=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]	,093	,1014	-,106	,291	,834	1	,361
[Bedingung=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	,272	,5305	-,768	1,312	,263	1	,608
[Versuch=1]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=2]							

[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=2]							
[Versuch=1] *	,213	,0968	,023	,403	4,831	1	,028
[Bedingung=0]							
[Versuch=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Versuch=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Versuch=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *	-,123	,1252	-,368	,123	,959	1	,327
[Bedingung=0]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *	,026	,1331	-,235	,286	,037	1	,847
[Versuch=1] *							
[Bedingung=0]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=1] *							
[Bedingung=1]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=2] *							
[Bedingung=0]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=2] *							
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=1] *							
[Bedingung=0]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=1] *							
[Bedingung=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=2] *							
[Bedingung=0]							

[Gruppe=2] *							
[Versuch=2] *	0 ^a						
[Bedingung=1]							
(Scale)	1,460						

Dependent Variable: Spo2

Model: (Intercept), Gruppe, Versuch, Bedingung, Gruppe * Versuch, Versuch * Bedingung, Gruppe * Bedingung, Gruppe * Versuch * Bedingung

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 85: Geschätzte Randmittel der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Versuch*Bedingung

Estimates						
Gruppe	Versuch	Bedingung	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
					Lower	Upper
Normalhörig	Vorversuch	Ruhe	96,04278	,248931	95,55489	96,53068
		Höraufgabe	95,83434	,288017	95,26984	96,39884
	Hauptversuch	Ruhe	95,64955	,205942	95,24591	96,05319
		Höraufgabe	95,67958	,215382	95,25744	96,10172
leicht Schwerhörig	Vorversuch	Ruhe	95,37856	,401979	94,59069	96,16642
		Höraufgabe	95,07309	,440187	94,21034	95,93584
	Hauptversuch	Ruhe	95,28285	,225793	94,84030	95,72540
		Höraufgabe	95,19022	,222377	94,75437	95,62607

Tabelle 86: Paarweisen Vergleich der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Versuch*Bedingung

Pairwise Comparisons							
(I)	(J)	Mean				95% Wald Confidence	
Gruppe*Versuch*Be	Gruppe*Versuch*Be	Difference	Std.		Bonferroni	Interval for Difference	
dingung	dingung	(I-J)	Error	df	Sig.	Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	,20844	,113715	1	1,000	-,14677	,56366
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	,39323	,218984	1	1,000	-,29082	1,07728
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	,36320	,212657	1	1,000	-,30108	1,02749
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	,66422	,472815	1	1,000	-,81272	2,14117
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	,96969	,505699	1	1,000	-,60997	2,54936
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	,75993	,336079	1	,665	-,28989	1,80975

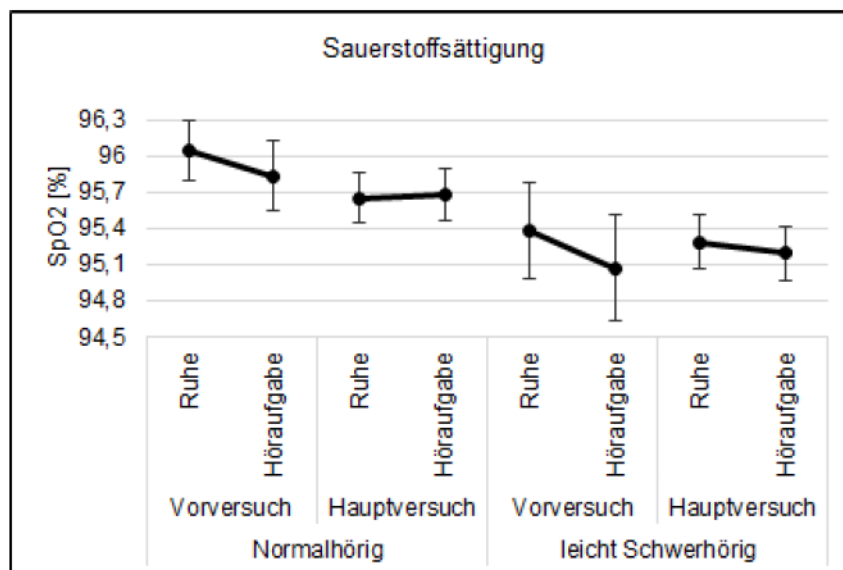
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	,85257	,333794	1	,298	-,19012	1,89525
[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	-,20844	,113715	1	1,000	-,56366	,14677
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	,18479	,273314	1	1,000	-,66897	1,03855
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	,15476	,248937	1	1,000	-,62285	,93237
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	,45578	,494511	1	1,000	-1,08894	2,00050
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	,76125	,526040	1	1,000	-,88196	2,40446
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	,55149	,365973	1	1,000	-,59171	1,69469
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	,64412	,363875	1	1,000	-,49253	1,78077
[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	-,39323	,218984	1	1,000	-1,07728	,29082
	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	-,18479	,273314	1	1,000	-1,03855	,66897
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	-,03003	,073470	1	1,000	-,25953	,19947
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	,27100	,451663	1	1,000	-1,13988	1,68187
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	,57647	,485980	1	1,000	-,94161	2,09454
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	,36670	,305605	1	1,000	-,58793	1,32133
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	,45934	,303090	1	1,000	-,48744	1,40611
[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	-,36320	,212657	1	1,000	-1,02749	,30108
	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	-,15476	,248937	1	1,000	-,93237	,62285
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	,03003	,073470	1	1,000	-,19947	,25953
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	,30102	,456045	1	1,000	-1,12354	1,72558
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	,60649	,490055	1	1,000	-,92431	2,13729
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	,39673	,312045	1	1,000	-,57802	1,37147

	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	,48936	,309582	1	1,000	-,47769	1,45641
[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	-,66422	,472815	1	1,000	-2,14117	,81272
	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	-,45578	,494511	1	1,000	-2,00050	1,08894
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	-,27100	,451663	1	1,000	-1,68187	1,13988
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	-,30102	,456045	1	1,000	-1,72558	1,12354
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	,30547	,119826	1	,302	-,06883	,67977
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	,09571	,458146	1	1,000	-1,33542	1,52683
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	,18834	,437856	1	1,000	-1,17940	1,55609
[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	-,96969	,505699	1	1,000	-2,54936	,60997
	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	-,76125	,526040	1	1,000	-2,40446	,88196
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	-,57647	,485980	1	1,000	-2,09454	,94161
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	-,60649	,490055	1	1,000	-2,13729	,92431
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	-,30547	,119826	1	,302	-,67977	,06883
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	-,20976	,502945	1	1,000	-1,78083	1,36130
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	-,11713	,468515	1	1,000	-1,58065	1,34639
[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	-,75993	,336079	1	,665	-1,80975	,28989
	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	-,55149	,365973	1	1,000	-1,69469	,59171
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	-,36670	,305605	1	1,000	-1,32133	,58793
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	-,39673	,312045	1	1,000	-1,37147	,57802
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	-,09571	,458146	1	1,000	-1,52683	1,33542
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	,20976	,502945	1	1,000	-1,36130	1,78083

	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	,09263	,101415	1	1,000	-,22416	,40943
[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	-,85257	,333794	1	,298	-1,89525	,19012
	[Gruppe=1]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	-,64412	,363875	1	1,000	-1,78077	,49253
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	-,45934	,303090	1	1,000	-1,40611	,48744
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]*[Bedingung=1]	-,48936	,309582	1	1,000	-1,45641	,47769
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=0]	-,18834	,437856	1	1,000	-1,55609	1,17940
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]*[Bedingung=1]	,11713	,468515	1	1,000	-1,34639	1,58065
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]*[Bedingung=0]	-,09263	,101415	1	1,000	-,40943	,22416

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Spo2

3.2.2 Graphik zu Estimated Marginal Means: Gruppe*Versuch*Bedingung



3.3 Reaktionszeit

3.3.1 Generalized Linear Models

Dateien:

SPSS-Daten: Versuchsvergleich.sav

SPSS-Output: Versuchsvergleich_Reaktionszeit.spv

Tabelle 87: Modelleffekte der Reaktionszeit im Versuchsvergleich

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	2721,053	1	,000
Gruppe	8,607	1	,003
Versuch	71,160	1	,000
Gruppe * Versuch	,149	1	,700

Dependent Variable: Reaktionszeit

Model: (Intercept), Gruppe, Versuch, Gruppe * Versuch

Tabelle 88: Parameterschätzungen der Reaktionszeit im Versuchsvergleich

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Interval		Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	505,346	15,3141	475,331	535,361	1088,913	1	,000
[Gruppe=1]	61,372	18,1817	25,736	97,007	11,394	1	,001
[Gruppe=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=1]	97,904	15,8542	66,831	128,978	38,134	1	,000
[Versuch=2]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Gruppe=1] *	9,383	24,3243	-38,292	57,058	,149	1	,700
[Versuch=1]							
[Gruppe=1] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=2]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=1]							
[Gruppe=2] *	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Versuch=2]							
(Scale)	5679,061						

Dependent Variable: Reaktionszeit

Model: (Intercept), Gruppe, Versuch, Gruppe * Versuch

a. Set to zero because this parameter is redundant.

Tabelle 89: Geschätzte Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe*Versuch

Estimates					
Gruppe	Versuch	Mean	Std. Error	95% Wald Confidence Interval	
				Lower	Upper
Normalhörig	Vorversuch	674,00513	20,227051	634,36084	713,64942
	Hauptversuch	566,71782	9,800516	547,50916	585,92647
leicht Schwerhörig	Vorversuch	603,25049	23,881277	556,44405	650,05693
	Hauptversuch	505,34623	15,314137	475,33108	535,36139

Tabelle 90: Paarweisen Vergleiche der Reaktionszeit für Gruppe*Versuch

Pairwise Comparisons							
(I) Gruppe*Versuch	(J) Gruppe*Versuch	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Bonferroni Sig.	95% Wald Confidence Interval for Difference	
						Lower	Upper
[Gruppe=1]*[Versuch=1]	[Gruppe=1]*[Versuch=2]	107,28731 ^a	18,447753	1	,000	58,61739	155,95723
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]	70,75464	31,296150	1	,143	-11,81266	153,32193
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]	168,65890 ^a	25,370385	1	,000	101,72529	235,59250
[Gruppe=1]*[Versuch=2]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]	-107,28731 ^a	18,447753	1	,000	-155,95723	-58,61739
	[Gruppe=2]*[Versuch=1]	-36,53267	25,814057	1	,942	-104,63680	31,57145
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]	61,37158 ^a	18,181665	1	,004	13,40367	109,33949
[Gruppe=2]*[Versuch=1]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]	-70,75464	31,296150	1	,143	-153,32193	11,81266
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]	36,53267	25,814057	1	,942	-31,57145	104,63680
	[Gruppe=2]*[Versuch=2]	97,90426 ^a	15,854160	1	,000	56,07690	139,73161
[Gruppe=2]*[Versuch=2]	[Gruppe=1]*[Versuch=1]	-168,65890 ^a	25,370385	1	,000	-235,59250	-101,72529
	[Gruppe=1]*[Versuch=2]	-61,37158 ^a	18,181665	1	,004	-109,33949	-13,40367

[Gruppe=2]*[Versuch=1]	-97,90426 ^a	15,854160	1	,000	-139,73161	-56,07690
----------------------------	------------------------	-----------	---	------	------------	-----------

Pairwise comparisons of estimated marginal means based on the original scale of dependent variable Reaktionszeit

a. The mean difference is significant at the ,05 level.

3.3.2 Graphik zu Estimated Marginal Means

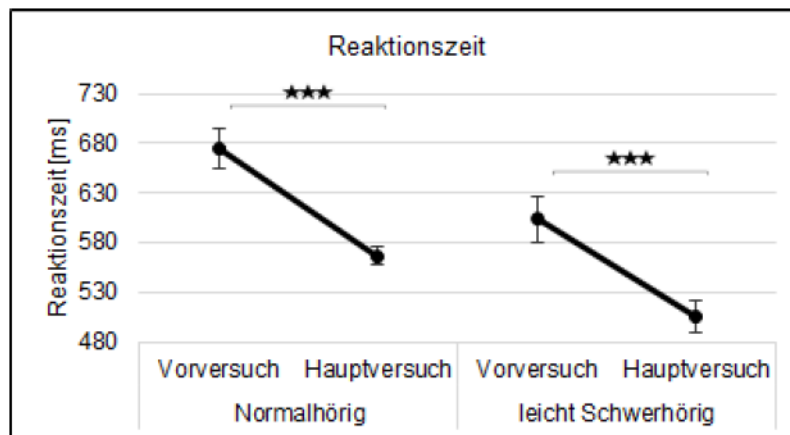


Abbildung 37: Abbildung der geschätzten Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe*Versuch

4 Abbildungs-und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Ton-Audiogramm der Normalhörigen	5
Abbildung 2: Ton-Audiogramm der leicht Schwerhörigen.....	5
Abbildung 3: Boxplot Diskriminationsschwelle	7
Abbildung 4: Boxplot Herzfrequenz (Vorversuch)	8
Abbildung 5: Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung (Vorversuch).....	11
Abbildung 6: Boxplot Sauerstoffsättigung (Vorversuch)	11
Abbildung 7: Abbildung der geschätzten Randmittel für Gruppe*Bedingung (Vorversuch)	14
Abbildung 8: Boxplot Reaktionszeit (Vorversuch)	14
Abbildung 9: Boxplot Fehler (Vorversuch)	15
Abbildung 10: Boxplot Verpasste Antworten (Vorversuch)	16
Abbildung 11: Boxplot Herzfrequenz (Hauptversuch)	18
Abbildung 12: Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch).....	20
Abbildung 13: Abbildung der geschätzten Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	36
Abbildung 14: Boxplot Rmssd (Hauptversuch)	37
Abbildung 15: Abbildung der geschätzten Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch).....	39
Abbildung 16: Abbildung der geschätzten Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	55
Abbildung 17: Boxplot Atemfrequenz (Hauptversuch)	56
Abbildung 18: Abbildung der geschätzten Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch).....	58
Abbildung 19: Abbildung der geschätzten Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	74
Abbildung 20: Boxplot Sauerstoffsättigung	75
Abbildung 21: Abbildung der geschätzten Randmittel der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch).....	77
Abbildung 22: Boxplot Cortisol (Hauptversuch)	78
Abbildung 23: Abbildung der geschätzten Randmittel des Cortisol für	

Gruppe*Bedingung (Hauptversuch).....	80
Abbildung 24: Boxplot Alphawellen-Frequenz (Hauptversuch).....	81
Abbildung 25: Abbildung der geschätzten Randmittel der Alphawellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch).....	83
Abbildung 26: Abbildung der geschätzten Randmittel der Alphawellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	99
Abbildung 27: Boxplot Alphawellen-Leistungsdichte (Hauptversuch)	100
Abbildung 28: Abbildung der geschätzten Randmittel der Alphawellen-Leistungsdichte für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch).....	102
Abbildung 29: Abbildung der geschätzten Randmittel der Alphawellen-Leistungsdichte für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	118
Abbildung 30: Boxplot Reaktionszeit (Hauptversuch)	119
Abbildung 31: Abbildung der geschätzten Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)	124
Abbildung 32: Boxplot Fehler (Hauptversuch)	124
Abbildung 33: Abbildung der geschätzten Randmittel der Fehler für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)	129
Abbildung 34: Boxplot Verpasste Antworten (Hauptversuch)	130
Abbildung 35: Abbildung der geschätzten Randmittel der Verpassten Antworten für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)	135
Abbildung 36: Abbildung zu den geschätzten Randmitteln der Herzfrequenz für Gruppe*Versuch*Bedingung.....	144
Abbildung 38: Abbildung der geschätzten Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe*Versuch	153
 Tabelle 1: Gruppenstatistik Hörschwelle.....	 6
Tabelle 2: T-Test Hörschwelle	6
Tabelle 3: Gruppenstatistik Diskriminationsschwelle	7
Tabelle 4: T-Test Diskriminationsschwelle.....	7
Tabelle 5: Modelleffekte Herzfrequenz (Vorversuch).....	8
Tabelle 6: Parameterschätzungen Herzfrequenz (Vorversuch)	9
Tabelle 7: Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung (Vorversuch)	9
Tabelle 8: Paarweisen Vergleiche der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung	

(Vorversuch)	10
Tabelle 9: Modelleffekte Sauerstoffsättigung (Vorversuch)	12
Tabelle 10: Parameterschätzungen Sauerstoffsättigung (Vorversuch)	12
Tabelle 11: Geschätzte Randmittel der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung (Vorversuch)	13
Tabelle 12: Paarweise Vergleiche der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung (Vorversuch)	13
Tabelle 13: Gruppenstatistik Reaktionszeit (Vorversuch)	15
Tabelle 14: T-Test Reaktionszeit (Vorversuch)	15
Tabelle 15: Gruppenstatistik Fehler (Vorversuch)	16
Tabelle 16: T-Test Fehler (Vorversuch)	16
Tabelle 17: Gruppenstatistik Verpasste Antworten (Vorversuch)	17
Tabelle 18: T-Test Verpasste Antworten (Vorversuch)	17
Tabelle 19: Modelleffekte Herzfrequenz (Hauptversuch)	18
Tabelle 20: Parameterschätzungen Herzfrequenz (Hauptversuch)	19
Tabelle 21: Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	19
Tabelle 22: Paarweise Vergleiche der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung	19
Tabelle 23: Modelleffekte des Aufgabenmodells Herzfrequenz (Hauptversuch)	21
Tabelle 24: Parameterschätzungen des Aufgabenmodells Herzfrequenz (Hauptversuch)	21
Tabelle 25: Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	24
Tabelle 26: Paarweisen Vergleiche der Herzfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	24
Tabelle 27: Modelleffekte Rmssd (Hauptversuch)	37
Tabelle 28: Parameterschätzungen Rmssd (Hauptversuch)	38
Tabelle 29: Geschätzte Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	38
Tabelle 30: Paarweisen Vergleiche des Rmssd für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	38
Tabelle 31: Modelleffekte des Aufgabenmodells Rmssd (Hauptversuch)	40
Tabelle 32: Parameterschätzungen des Aufgabenmodells Rmssd (Hauptversuch) ..	40
Tabelle 33: Geschätzte Randmittel des Rmssd für Gruppe*Bedingung*Aufgabe	

(Hauptversuch)	43
Tabelle 34: Paarweisen Vergleiche des Rmssd für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	43
Tabelle 35: Modelleffekte Atemfrequenz (Hauptversuch)	56
Tabelle 36: Parameterschätzungen Atemfrequenz (Hauptversuch)	56
Tabelle 37: Geschätzte Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	57
Tabelle 38: Paarweisen Vergleiche der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	57
Tabelle 39: Modelleffekte des Aufgabemodells Atemfrequenz (Hauptversuch)	59
Tabelle 40: Parameterschätzungen des Aufgabenmodells Atemfrequenz (Hauptversuch)	59
Tabelle 41: Geschätzte Randmittel der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	62
Tabelle 42: Paarweisen Vergleiche der Atemfrequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	62
Tabelle 43: Modelleffekte Sauerstoffsättigung (Hauptversuch)	75
Tabelle 44: Parameterschätzungen Sauerstoffsättigung (Hauptversuch)	75
Tabelle 45: Geschätzte Randmittel der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	76
Tabelle 46: Paarweisen Vergleiche der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	76
Tabelle 47: Modelleffekte Cortisol (Hauptversuch)	78
Tabelle 48: Parameterschätzungen Cortisol (Hauptversuch)	79
Tabelle 49: Geschätzte Randmittel des Cortisol für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	79
Tabelle 50: Paarweisen Vergleiche des Cortisol für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	79
Tabelle 51: Modelleffekte Alphawellen-Frequenz (Hauptversuch)	81
Tabelle 52: Parameterschätzungen Alphawellen-Frequenz (Hauptversuch)	81
Tabelle 53: Geschätzte Randmittel der Alphawellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	82
Tabelle 54: Paarweisen Vergleiche der Alphawellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	82

Tabelle 55: Modelleffekte des Aufgabenmodells Alphawellen-Frequenz (Hauptversuch)	84
Tabelle 56: Parameteschtätzungen des Aufgabenmodells Alphawellen-Frequenz (Hauptversuch)	84
Tabelle 57: Geschätzte Randmittel der Alphawellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	87
Tabelle 58: Paarweisen Vergleiche der Alphawellen-Frequenz für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	87
Tabelle 59: Modelleffekte der Alphawellen-Leistungsdichte (Hauptversuch)	100
Tabelle 60: Parameterschätzungen der Alphawellen-Leistungsdichte (Hauptversuch)	101
Tabelle 61: Geschätzte Randmittel der Alphawellen-Leistungsdichte für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	101
Tabelle 62: Paarweisen Vergleiche der Alphawellen-Leistungsdichte für Gruppe*Bedingung (Hauptversuch)	101
Tabelle 63: Modelleffekte des Aufgabenmodells Alphawellen-Leistungsdichte (Hauptversuch)	103
Tabelle 64: Parameterschätzungen des Aufgabenmodells der Alphawellen- Leistungsdichte für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	103
Tabelle 65: Geschätzte Randmittel der Alphawellen-Leistungsdichte für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	106
Tabelle 66: Paarweisen Vergleiche der Alphawellen-Leistungsdichte für Gruppe*Bedingung*Aufgabe (Hauptversuch)	106
Tabelle 67: Modelleffekte Reaktionszeit (Hauptversuch)	119
Tabelle 68: Parameterschätzungen Reaktionszeit (Hauptversuch)	119
Tabelle 69: Geschätzte Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)	120
Tabelle 70: Paarweisen Vergleiche der Reaktionszeit für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)	121
Tabelle 71: Modelleffekte Fehler (Hauptversuch)	125
Tabelle 72: Parameterschätzungen Fehler (Hauptversuch)	125
Tabelle 73: Geschätzte Randmittel der Fehler für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)	126
Tabelle 74: Paarweisen Vergleiche der Fehler für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)	

.....	126
Tabelle 75: Modelleffekte Verpasste Antworten (Hauptversuch)	130
Tabelle 76: Parameterschätzungen Verpasste Antworten (Hauptversuch)	130
Tabelle 77: Geschätzte Randmittel der Verpassten Antworten für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)	131
Tabelle 78: Paarweisen Vergleiche der Verpassten Antworten für Gruppe*Aufgabe (Hauptversuch)	132
Tabelle 79: Modelleffekte der Herzfrequenz im Vergleich	136
Tabelle 80: Parameterschätzungen der Herzfrequenz im Vergleich	136
Tabelle 81: Geschätzte Randmittel der Herzfrequenz für Gruppe*Versuch*Bedingung	138
Tabelle 82: Paarweisen Vergleiche der Herzfrequenz für Gruppe*Versuch*Bedingung	138
Tabelle 83: Modelleffekte der Sauerstoffsättigung im Vergleich	145
Tabelle 84: Parameterschätzungen der Sauerstoffsättigung im Vergleich	145
Tabelle 85: Geschätzte Randmittel der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Versuch*Bedingung.....	147
Tabelle 86: Paarweisen Vergleich der Sauerstoffsättigung für Gruppe*Versuch*Bedingung.....	147
Tabelle 87: Modelleffekte der Reaktionszeit im Vergleich	151
Tabelle 88: Parameterschätzungen der Reaktionszeit im Vergleich	151
Tabelle 89: Geschätzte Randmittel der Reaktionszeit für Gruppe*Versuch.....	152
Tabelle 90: Paarweisen Vergleiche der Reaktionszeit für Gruppe*Versuch	152